

Melhoria contínua na aglomeração de cilindros de cortiça

Floriano Coelho da Silva

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. José António Barros Basto



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2018-07-01

A quem me desafia

Resumo

Num período em que os clientes são cada vez mais exigentes, procurando produtos e materiais de elevada performance a baixo custo, é essencial que as empresas tenham uma grande capacidade de adaptação. Devem ser versáteis e, ao mesmo tempo, eficientes. No mercado, não existe espaço para quem desperdiça recursos.

Este projeto surgiu da necessidade de aumentar o rendimento global da linha aglomeradora de cilindros de cortiça, localizada na unidade industrial Cork Natural Materials, da Amorim Cork Composites. O centro de trabalho era caracterizado por um número excessivo de avarias e de *setups*. Além disso, a falta de planos de manutenção e de *standards* de trabalho fazia com que a resolução dessas avarias e a execução das atividades de *setup* representassem longos períodos de improdutividade.

Foram aplicadas ferramentas de melhoria contínua para melhorar o desempenho da linha. Através da aplicação da metodologia SMED, a duração do *setup* mais crítico do processo produtivo foi encurtada. A realização de um projeto TPM, que visava implementar a manutenção autónoma em vários equipamentos, potenciou a diminuição do número de avarias. O local de trabalho foi organizado e limpo, recorrendo a uma campanha 5S. Estabeleceu-se um novo sistema de reposição de consumíveis e propuseram-se algumas ações que poderiam representar uma mais valia para a organização, nomeadamente para a linha aglomeradora de cilindros.

No final, concluiu-se que o índice de rendimento global não era um bom indicador para perceber se as ações de melhoria tinham surtido efeito. Sendo um indicador global, estava dependente de muitas variáveis. A escassez de matéria prima, por exemplo, durante o período em que decorreu o projeto de dissertação em ambiente empresarial, condicionou o desempenho da linha de produção, provocando um aumento do número de *setups* e até mesmo paragens de produção. Contudo, quando analisadas individualmente, todas as ações de melhoria implementadas contribuíram de uma forma positiva para o rendimento do centro de trabalho, atenuando a possível quebra de desempenho provocada pela falta de cortiça.

Palavras chave: OEE, Melhoria contínua, SMED, *standard work*, TPM, 5S.

Continuous improvement in the agglomeration of cork cylinders

Abstract

In a period of growing demand of low cost products and materials with high-performance, it is essential that companies have a great ability to adapt. Organizations must be versatile and at the same time efficient. In the market, there is no place for those who waste resources.

The main goal of this project was increasing the overall equipment effectiveness of the cork cylinder production line at the Cork Natural Materials industrial unit of Amorim Cork Composites. The work center was characterized by an excessive number of breakdowns and setups. In addition, the lack of maintenance plans and standard work generated long downtimes.

Continuous improvement tools were implemented to improve line performance. Through the application of the SMED methodology, the duration of the most important setup of the process was reduced. The realization of a TPM project, which aimed to implement autonomous maintenance in several equipment, has potentiated the reduction of the number of breakdowns. The workplace was organized and cleaned using a 5S campaign. A new consumable replenishment system has been established and were proposed some ideas which can add value to the production line and to the organization.

In the end, it was concluded that the overall equipment effectiveness was not a good indicator to see how the improvement actions had taken effect. Being a global indicator, it was dependent on many variables. The shortage of raw materials, for example, during the period in which the dissertation project was carried out, caused an increase in the number of setups and even production stoppages. However, when analyzed individually, all actions have caused a positive contribution to the work center's effectiveness, reducing a possible performance impact caused by the lack of cork.

Keywords: OEE, Continuous improvement, SMED, standard work, TPM, 5S

Agradecimentos

Em primeiro lugar, à Amorim Cork Composites, que me deu a oportunidade de participar no programa Cork Potential.

A todas as pessoas da empresa que, de uma forma mais ou menos direta, estiveram envolvidas na realização deste projeto.

Ao Sr. Gomes, ao Sr. Fernando, ao Sr. Joaquim, ao Sr. José Augusto, ao Vital e ao Bruno pela forma como me passaram parte do conhecimento que adquiriram ao longo dos tantos anos de experiência.

Ao Emanuel, por ter sido o meu companheiro ao longo de todo o projeto e pela sua total disponibilidade.

De uma forma especial, ao Nuno Martins, por ter sido um exemplo como orientador, por me ter desafiado e por reforçar em mim os valores que, na minha opinião, caracterizam um bom ser humano.

Ao professor José Barros Basto, pelo acompanhamento, pela disponibilidade e pela boa energia que sempre me transmitiu.

Aos meus colegas de curso, com quem partilhei momentos que se manterão gravados na minha memória.

Por fim, aos meus pais, ao meu irmão, à minha namorada, ao Pedro e ao Daniel, pelo apoio incondicional.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Grupo Amorim.....	1
1.2	Corticeira Amorim	2
1.3	Amorim Cork Composites	2
1.4	Enquadramento e objetivos do projeto.....	3
1.5	Abordagem ao projeto.....	4
1.6	Estrutura da dissertação	4
2	Enquadramento teórico	5
2.1	Overall Equipment Effectiveness	5
2.2	Sistema Toyota de Produção	6
2.3	Kanban.....	7
2.4	Metodologia 5S	8
2.5	Single Minute Exchange of Die	8
2.6	Total Productive Maintenance.....	10
3	Caracterização do processo	11
3.1	Linha de produção	11
3.2	Produto.....	11
3.3	Processo	13
3.3.1	Equipamentos constituintes da linha de produção.....	14
3.3.2	Circuito de movimentação dos moldes	20
3.3.3	Operadores.....	21
3.3.4	Setups.....	22
4	Estado inicial e análise de problemas.....	23
	Índice de disponibilidade	24
4.1	Índice de performance.....	24
4.2	Índice de qualidade	25
4.3	Índice de rendimento global	26
4.4	Seleção de potenciais focos de melhoria	26
4.4.1	Análise de motivos de paragem.....	26
4.4.2	Análise de motivos de rejeição	28
5	Apresentação, implementação e monitorização de ações de melhoria	29
5.1	Mudança de referência.....	29
5.2	Paragens para refeição	34
5.3	Implementação de um plano de manutenção autónoma	34
5.4	Organização do centro de trabalho	37
5.5	Reposição por kanban	40
5.6	Ajuda visual.....	41
6	Conclusões e trabalhos futuros.....	44
6.1	Conclusões	44
6.2	Trabalhos futuros	44
6.2.1	Registos de produção	44
6.2.2	Aplicação informática.....	46
	Referências	48
	ANEXO B: Vista frontal da linha AG/CI.....	51
	ANEXO C: Vista de cima do circuito de movimentação dos moldes	52
	ANEXO D: Plano de manutenção autónoma – Rota 1	53
	ANEXO E: Plano de manutenção autónoma – Rota 2	54
	ANEXO F: Plano de manutenção autónoma – Rota 3.....	55
	ANEXO G: Auditoria 5S	56

ANEXO H: Folha de registo – Tempos de produção	57
ANEXO I: Folha de registo – Tempos improdutivos	58
ANEXO J: Folha de registo – Tempos de estufa	59
ANEXO L: Folha de registo – Limpeza	60
ANEXO M: Formulários – Controlo dos tempos de estufa	61

Siglas

AD – Alta densidade

AG/CI – Aglomeradora de Cilindros

BD – Baixa densidade

CCS – Cork Customized Solutions

CHC – Cork High-density Components

CNM – Cork Natural Materials

CRM – Cork Rubber Materials

GMT – Grain Materials Technology

JIT – Just In Time

MD – Média densidade

OEE – Overall Equipment Effectiveness

OPL – One Point Lesson

RC - Reciclado

SMED – Single Minute Exchange of Die

TPM – Total Productive Maintenance

Índice de Figuras

Figura 1 - Logótipo da Corticeira Amorim	1
Figura 2 - Vendas Consolidadas em Corticeira Amorim, Relatório Anual Consolidado 2017 ...	2
Figura 3 - Fluxo de cortiça na Corticeira Amorim	3
Figura 4 - Cronograma de atividades	4
Figura 5 - Cálculo do OEE	5
Figura 6 - Casa Toyota Production System	6
Figura 7 - Sistema kanban	7
Figure 8 - Redução gradual do tempo de mudança de ferramenta	9
Figura 9 - Pilares TPM	10
Figura 10 - Vista frontal da aglomeradora de cilindros.....	11
Figura 11 - a) Cilindro aglomerado b) Armazenamento de cilindros.....	12
Figura 12 - Cilindros produzidos em 2017	12
Figura 13 - Processo de aglomeração	13
Figura 14 - a) Silos b) Silo tampão.....	14
Figura 15 - a) <i>Big bags</i> b) Local de reposição de big bags c) Balança de pré pesagem.....	14
Figura 16 - Silos, silos tampão e balanças de pré pesagem	15
Figura 17 - a) Ciclone industrial b) Balança.....	16
Figura 18 - a) Misturador b) Chiller	17
Figura 19 - a)Depósito de água b)Depósito de água c)Depósito de cola d)Depósito de cola	17
Figura 20 - a) Depósito de óleo b) Depósito de ar comprimido	18
Figura 21 - a) Aspirador b) Prensa	18
Figura 22 - Moldes nas linhas de estabilização	19
Figura 23 - a)Interior de um molde b)Peças em madeira c)Colocação de peças de madeira	20
Figura 24 - a)Transfer b)Central hidráulica c)Movimentação de um molde.....	20
Figura 25 - Filtragem de dados.....	23
Figura 26 - Evolução do índice de disponibilidade ao longo de 2017	24
Figura 27 - Evolução do índice de performance ao longo de 2017	25
Figura 28 - Motivos de rejeição em 2017	25
Figura 29 - Índices de disponibilidade, performance e qualidade relativos ao ano de 2017	26
Figura 30 – Horas de paragem agrupadas por motivo do ano de 2017	27
Figura 31 - a) Interior de um misturador b) Limpeza de um misturador.....	29
Figura 32 - Entrada de um misturador	30
Figura 33 - Mudança de série "grossos-finos"	30
Figura 34 - a) Conjunto de pás suplentes b) Substituição de pás	31
Figura 35 - a) Limpeza manual de pás b) Equipamento pneumático	32

Figura 36 - Afiamento de um raspador.....	32
Figura 37 - Objeto de retenção	33
Figura 38 - Resultados do novo standard de limpeza.....	33
Figure 39 - Exemplos de sujidade na linha de produção	35
Figura 40 - Locais de fuga de granulado e pó de cortiça.....	35
Figura 41 - Exemplos de etiquetas de manutenção autónoma.....	36
Figura 42 - Piso superior da aglomeradora de cilindros antes e depois do projeto TPM.....	37
Figura 43 - Estado inicial dos armários da linha de produção	37
Figura 44 - Fase de triagem	38
Figura 45 - Piso inferior antes e depois da aplicação da metodologia 5S	39
Figura 46 - Piso inferior antes e depois da aplicação da metodologia 5S	39
Figura 47 - a) Cacifos b) Identificação dos objetos.....	39
Figura 48 - Sistema de reposição.....	40
Figura 49 - Representação da última prensagem de um cilindro	41
Figura 50 - Representação da fixação da tampa num molde.....	41
Figura 51 - a) Representação de fuga de granulado b) Fofa/Choco.....	41
Figura 52 - Tampas antes e depois da ação de melhoria	42
Figura 53 - Molde em cortiça	42
Figura 54 - Pintura realizada pelos operadores	43
Figura 55 - Registos numa base de dados informática	45
Figura 56 - Registos em papel	45
Figura 57 - Dispositivos móveis.....	46
Figura 58 - Sugestão de layout na aplicação informática.....	47

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Diferenças entre as bordagens de Osada e Hirano	8
Tabela 2 - Tipo de granulado armazenado	16
Tabela 3 - Motivos de rejeição referentes ao ano de 2017	28
Tabela 4 - Carga dos equipamentos da unidade industrial em 2018	34

1 Introdução

A presente dissertação foi realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Decorreu durante um período de 4,5 meses, nas instalações da Amorim Cork Composites, uma empresa pertencente ao Grupo Amorim, sediada em Mozelos - Santa Maria da Feira.

1.1 Grupo Amorim

O Grupo Amorim é uma multinacional de origem portuguesa que está presente no negócio da cortiça desde 1870, através da Corticeira Amorim. Apresenta-se como um grupo empreendedor e, como forma de diversificar a sua atuação, tem investido em setores e áreas geográficas com elevado potencial de rentabilidade. É uma marca com fama, principalmente entre os portugueses, e costuma ser reconhecida facilmente através do seu logótipo, representado na Figura 1.



Figura 1 - Logótipo da Corticeira Amorim

"Nem um só mercado, nem um só cliente, nem uma só divisa, nem um só produto." é o lema da organização que apresentou a cortiça ao mundo e conseguiu resultados notáveis em setores como o imobiliário, o financeiro, as telecomunicações e o turismo.

Neste momento, ocupa uma posição consolidada num conjunto de empresas espalhadas por todo o mundo e por diversas áreas económicas.

Tem como missão respeitar os princípios de desenvolvimento económico, social e ambiental, continuando assente nas bases sobre as quais construiu o seu património - visão empresarial, responsabilidade, diligência, criatividade e inovação.

1.2 Corticeira Amorim

A Corticeira Amorim é a maior empresa mundial de produtos de cortiça e contribui, como nenhuma outra, para a economia e desenvolvimento do setor.

Caracterizada por uma visão empresarial elevada, percecionou o enorme potencial desta matéria prima 100% natural. Investiu convictamente na investigação, na inovação e no *design*, transformando a cortiça de uma forma singular.

A sua presença faz-se notar nas rolhas dos melhores vinhos, em inúmeros objetos do quotidiano, em artigos desportivos, em obras de referência mundial, projetos ferroviários e até mesmo em naves espaciais.

Divide-se em cinco unidades de negócio – matérias primas, rolhas, revestimentos, isolamentos e aglomerados compósitos, através da Amorim Cork Composites.

O ano de 2017 foi o melhor de sempre em termos de vendas consolidadas, que ultrapassaram pela primeira vez os 700 M€, representando uma subida de 9,4% face ao ano anterior. Na Figura 2 é possível perceber o peso relativo de cada uma das unidades de negócio, nas vendas da organização.

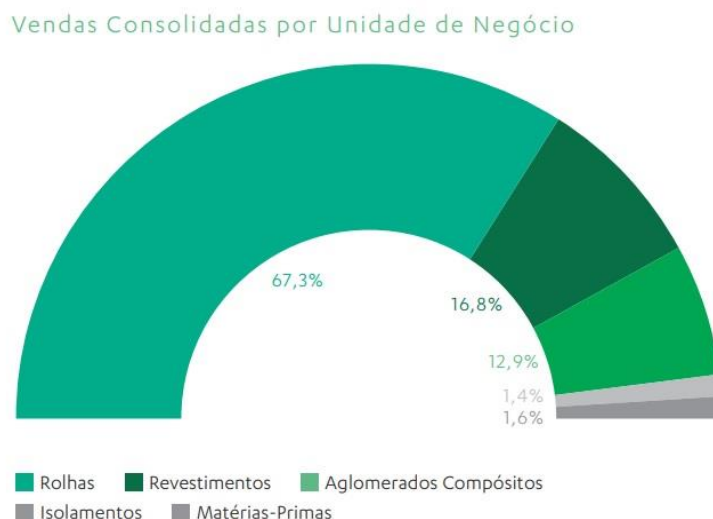


Figura 2 - Vendas Consolidadas em Corticeira Amorim, Relatório Anual Consolidado 2017

1.3 Amorim Cork Composites

Responsável por 12,9% do total das vendas consolidadas da Corticeira Amorim, a Amorim Cork Composites é a unidade de negócio que centra a sua atividade em Aglomerados Compósitos.

Utiliza, como matéria prima, a cortiça excedente da produção de rolhas para produzir materiais destinados a várias indústrias, desde a construção, soluções termo acústicas, decoração de casa e escritório, até ao desenvolvimento de materiais de alta tecnologia para a indústria automóvel e aeroespacial. Na Figura 3, está esquematizado o fluxo de cortiça que ocorre na Corticeira Amorim, desde a cortiça natural.

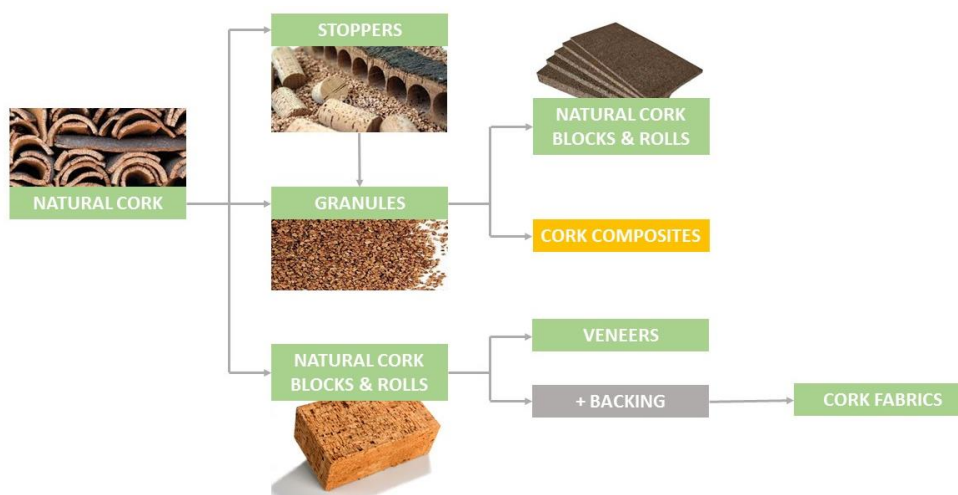


Figura 3 - Fluxo de cortiça na Corticeira Amorim

A empresa está dividida em 5 unidades industriais:

Grain Materials Technology (GMT) – onde a matéria prima é recebida e triturada, dando origem ao granulado de cortiça;

Cork Rubber Materials (CRM) – onde são aglomerados produtos com menor proporção de cortiça e com incorporações de materiais alternativos, nomeadamente a borracha, que posteriormente são laminados, dando origem a folhas, placas ou rolos;

Cork Natural Materials (CNM) – onde são aglomerados cilindros e blocos, constituídos, na grande maioria das vezes, unicamente por granulado de cortiça. Também nesta unidade industrial, os cilindros e blocos são transformados em folhas, placas ou rolos;

Cork High-density Components (CHC) – onde está presente uma tecnologia recente que permite a produção de rolos com cortiça de alta densidade e com maiores dimensões, comparativamente aos produzidos nas unidades CRM e CNM;

Cork Customized Solutions (CCS) – onde se transformam alguns produtos, de uma forma personalizada, no formato final.

1.4 Enquadramento e objetivos do projeto

Num mundo cada vez mais competitivo, onde as mudanças acontecem a uma velocidade estonteante, o espaço para as empresas pouco eficientes tem vindo a diminuir. O foco no cliente é essencial e o melhor nível de serviço é reconhecido pela alta qualidade do produto, a elevada rapidez na entrega e o baixo custo associado. Para que tal oferta seja possível, as organizações devem procurar a melhoria contínua a todos os níveis, desde as funções administrativas até aos processos produtivos, ambicionando aumentar os índices de rendimento.

Foi neste contexto que surgiu a proposta de dissertação em ambiente empresarial por parte da Amorim Cork Composites, cujo desafio consistia no aumento de rendimento global da linha de produção Aglomeradora de Cilindros (AG/CI), localizada na unidade industrial CNM.

Na empresa, a importância relativa da linha AG/CI era elevada, uma vez que produzia praticamente a totalidade dos cilindros aglomerados constituídos somente por granulado de cortiça. Era o gargalo de produção na unidade industrial CNM. Consequentemente, o ganho de rendimento nesta linha de produção, marcada por um número excessivo de tempos improdutivos, refletir-se-ia, de uma forma significativa, nos resultados da organização.

1.5 Abordagem ao projeto

Numa primeira fase foi realizada a caracterização do processo de aglomeração de cilindros que decorria na linha de produção. Era importante perceber o funcionamento do centro de trabalho, desde as matérias primas utilizadas até ao produto final, passando pelo processo produtivo, de modo a fomentar a sensibilidade necessária para a idealização de ações de melhoria.

Seguidamente, fez-se uma análise ao estado inicial da linha para que fosse possível estabelecer um ponto de partida para o projeto.

Analísaram-se os registos de produção que permitiram identificar os potenciais focos de melhoria. A partir daí, estudaram-se alternativas que visavam a eliminação ou diminuição dos vários tipos de perdas que afetavam o rendimento global da linha AG/CI. Discutiram-se as ações propostas e partiu-se para a implementação das mesmas.

No final, procedeu-se à monitorização das alterações com o objetivo de medir o seu impacto no rendimento do equipamento. Na Figura 4, está representado o cronograma das atividades realizadas ao longo da dissertação em ambiente empresarial.

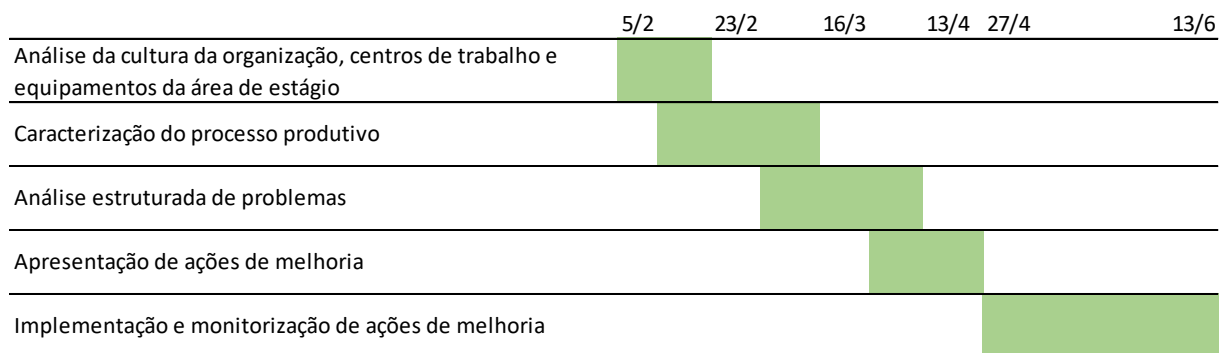


Figura 4 - Cronograma de atividades

1.6 Estrutura da dissertação

A dissertação está dividida em seis capítulos, sendo que o primeiro é um capítulo introdutório, onde é feita a apresentação do grupo e da empresa em que decorreu o projeto, do objetivo do mesmo e da forma como foi abordado.

Apresenta-se, no segundo capítulo, um enquadramento teórico das matérias que suportaram a realização do projeto.

No terceiro, referente à caracterização da linha de produção e do processo produtivo, consta uma descrição dos equipamentos constituintes do centro de trabalho, assim como a descrição da forma como o processo de produção de cilindros aglomerados de cortiça acontecia.

No capítulo seguinte, está presente uma análise ao estado inicial da linha de produção, que serviu como ponto de partida do projeto. Inclui-se uma análise estruturada de problemas, onde são identificadas as principais perdas de rendimento da linha de produção e onde foi possível identificar potenciais oportunidades de melhoria.

O quinto capítulo, é relativo à proposta, discussão, implementação e monitorização de todas as ações de melhoria idealizadas durante o projeto de dissertação em ambiente empresarial.

Finalmente, no sexto e último capítulo, são reunidas as conclusões do projeto de dissertação em ambiente empresarial e estão presentes duas sugestões que, por diversos fatores, não puderam ser implementadas durante a realização do projeto de dissertação em ambiente empresarial e que poderão, no futuro, representar mais valias para a organização.

2 Enquadramento teórico

2.1 Overall Equipment Effectiveness

O Overall Equipment Effectiveness (OEE), em português Rendimento Operacional Global, é um indicador de desempenho normalmente adotado para apoiar o Sistema de Produção *Lean* e a Manutenção Produtiva Total (Zammori *et al*, 2011). Este indicador representa uma poderosa ferramenta de controlo para superar as deficiências de produção e as restrições de desempenho operacional (Gupta e Vardhan, 2016).

O OEE é a proporção entre o número de produtos conformes produzidos e o número de produtos conformes que seria expectável produzir, durante um intervalo de tempo, num dado equipamento. São vários os motivos que podem dar origem ao aparecimento das perdas que resultam na diferença entre a quantidade produzida e aquela que, em teoria, deveria ter sido produzida.

O indicador é descrito como uma ferramenta de medição de desempenho que mede diferentes tipos de perdas de produção e indica áreas de melhoria de processos (Muchiri e Pintelon, 2008).

Seiichi Nakajima (1988), definiu as 6 grandes perdas responsáveis por diminuir o Rendimento Operacional Global de um equipamento e dividiu-as em 3 grupos:

- Perdas de disponibilidade: paragens não planeadas resultantes de avarias em equipamentos ou provocadas por *setups* (mudança de série ou calibrações);
- Perdas de performance: paragens temporárias de produção devido ao mau funcionamento da máquina, normalmente denominadas micro paragens, e perdas de velocidade relativas à diferença entre a velocidade padrão e a velocidade real de produção;
- Perdas de qualidade: consequência da produção de produtos não conformes ou baixos rendimentos originados pelo arranque de produção.

O OEE é obtido através da multiplicação dos índices relativos a cada um dos grupos de perdas. A Figura 5, procura ilustrar a forma como o cálculo é efetuado.

	A. Tempo total		
	B. Tempo disponível = A - C		C. Paragens planeadas
Índice de disponibilidade = D/B	D. Tempo de produção = B - E		E. Perdas de disponibilidade
Índice de performance = F/D	F. Tempo útil de produção = D - G	G. Perdas de performance	
Índice de qualidade = H/F	H. Produção útil = F - I	I. Produção não conforme	

$$\text{OEE} = \text{Índice de disponibilidade} * \text{Índice de performance} * \text{Índice de qualidade}$$

Figura 5 - Cálculo do OEE

Para obter o tempo disponível, retira-se o tempo de paragens planeadas ao tempo total do turno. Subtraindo o tempo relativo às perdas de disponibilidade a esse tempo, obtém-se o tempo de produção. Dividindo o tempo de produção pelo tempo disponível, chega-se ao índice de disponibilidade.

Multiplicando o tempo de produção pela cadência produtiva teórica, sabe-se o número de produtos que, teoricamente, seriam produzidos nesse período. O índice de performance é obtido quando se divide a quantidade real produzida pela quantidade teórica.

O índice de qualidade é o rácio entre o número de produtos conformes produzidos e a produção total.

Um OEE igual a 100% representa um equipamento que esteve em funcionamento durante todo o tempo disponível, que produziu a uma velocidade média igual à teórica e cujo os produtos tiveram uma taxa de rejeição nula.

2.2 Sistema Toyota de Produção

A Toyota Motor Company conquistou um lugar de destaque mundial através da reformulação do sistema de produção em massa para o Sistema Toyota de Produção, ou *Lean Manufacturing* como é mundialmente conhecido (Black, 2007).

Com este sistema de produção, o trabalho torna-se altamente padronizado, especificando detalhadamente o que cada operador deve fazer. Os *buffers* são dimensionados e controlados com precisão através de vários tipos de sinais. Quando é possível, são usadas células de produção com fluxo unitário, que dão origem a linhas de produção completamente balanceadas. O Sistema Toyota de Produção melhora a qualidade, o custo e a entrega dos produtos (Lander e Liker, 2007).

Como representado na

Figura 6, o sistema está essencialmente assente em dois pilares: Just In Time e Jidoka.

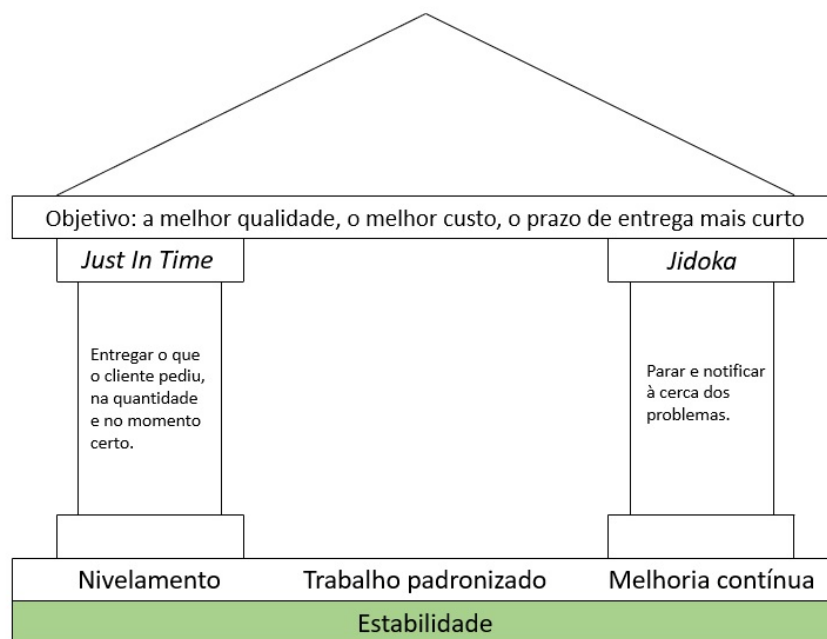


Figura 6 - Casa Toyota Production System

O primeiro, alusivo ao desejável fluxo contínuo. Através deste tipo de fluxo, todos os elementos chegam à linha de produção no momento exato em que são necessários. Desta forma, não existe excesso nem falta de materiais, ferramentas ou equipamentos. O termo japonês, Jidoka, significa “automação com toque humano”. Isto é, permitir que eventuais anomalias sejam detetadas pelas máquinas, fazendo com que não seja necessário um operador a vigiar cada um dos equipamentos. Além disso, o conceito visa permitir que os operadores possam parar a produção de imediato quando percebem que uma anomalia ocorreu ou vai ocorrer, fazendo com que todos os outros colaboradores tomem conhecimento do sucedido. Assim, é possível identificar e corrigir as causas raiz dos problemas, aumentando a produtividade.

2.3 Kanban

A maior parte das empresas são caracterizadas pela existência de um stock elevado de materiais que amortece possíveis falhas na produção. No entanto, os custos do armazenamento excessivo de matérias primas, produtos em curso de fabrico ou até mesmo de produto acabado, são significativos. O objetivo da utilização do sistema *kanban* é apoiar o conceito *just in time*, do Sistema Toyota de Produção, que permite reduzir o inventário e, consequentemente, os custos associados.

O coração do sistema *just in time* é o *kanban*, um termo japonês para “registro visual”, que, direta ou indiretamente, impulsiona grande parte de uma organização de produção (Mukhopadhyay e Shanker, 2005).

O sistema *kanban* é um dos mais simples, mais eficazes e mais baratos meios de produção e de controlo de inventário (Mukhopadhyay e Shanker, 2005).

Este sistema consiste na determinação de um espaço através da delimitação de uma área física, de um número limitado de cartões ou contentores. A quantidade de materiais junto da linha de produção não deve ultrapassar o limite definido. Também não devem sobrar espaços, contentores ou cartões. Isto é, quando sobram, significa que existe a necessidade de se efetuar a reposição. A Figura 7, clarifica o modo de funcionamento do sistema *kanban*.

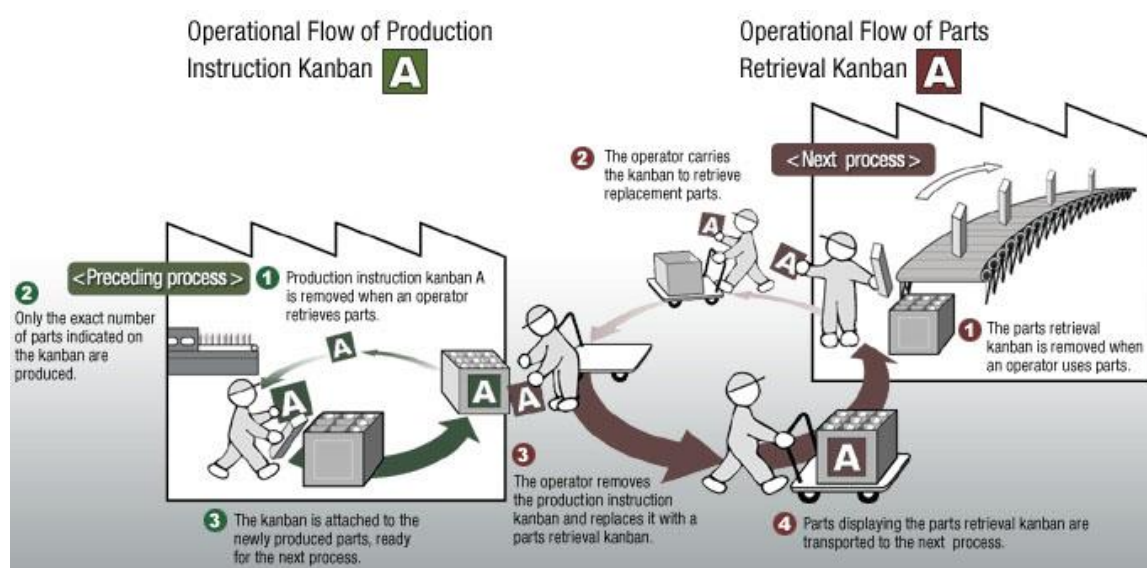


Figura 7 - Sistema kanban em http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/just-in-time.html, consultado em 2016-06-29, 11:55

Através do sistema *kanban*, é possível limitar os stocks e identificar a ocorrência de alguns problemas. Num cenário em que os stocks são limitados, praticamente sem folgas, a ocorrência de qualquer adversidade fica destacada em relação ao que aconteceria num ambiente com inventários sobredimensionados.

2.4 Metodologia 5S

A prática 5S é uma técnica usada para estabelecer e manter um ambiente de qualidade numa organização (Ho, 1999).

A maioria dos profissionais japoneses que recorrem a esta metodologia, consideram-na útil não apenas para melhorar o ambiente físico, mas também para melhorar a qualidade dos seus processos. Aparentemente, a metodologia pode resultar em diversas áreas. Muitos problemas do quotidiano poderiam ser resolvidos com a adoção da prática 5S (Ho, 1999).

O nome 5S está relacionado com a primeira letra de cinco palavras japonesas - Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke – e também com a aproximada tradução para a língua inglesa - Sort, Set in order, Shine, Standardise, Sustain (Jaca *et al*, 2014).

A metodologia 5S é explicada de forma diferente, mas complementar, por dois autores: Osada, 1991 e Hirano, 1996. A visão de Takashi Osada é mais conceptual e a prática 5S é vista como uma estratégia para o desenvolvimento organizacional, aprendizagem e mudança, orientada para melhorar a eficiência e as condições de trabalho. Por outro lado, Hirano é mais prático e considera que a metodologia 5S é uma ferramenta que uma empresa pode utilizar para eliminar o desperdício de forma a diferenciar-se dos concorrentes (Jaca *et al*, 2014). Na Tabela 1 podem comparar-se os conceitos dos dois autores.

Tabela 1 - Diferenças entre as bordagens de Osada e Hirano (adaptado de Jaca *et al*, 2014)

5S	Takashi Osada	Kiroyuki Hirano
Seiri	Organização: Colocar as coisas em ordem, organizá-las. Distinguir o necessário e desnecessário.	Organização: Distinguir claramente os elementos necessário dos desnecessários e eliminar os últimos.
Seiton	Arrumação: Ter as coisas no lugar certo. Desta forma evitam-se tempo de procura inúteis.	Arrumação: Guardar os elementos necessários no local adequado para um fácil e imediato acesso.
Seiso	Limpeza: Auto inspeção e limpeza são enfatizadas para criar um local de trabalho irrepreensível.	Limpeza: Manter o centro de trabalho limpo.
Seiketsu	Padronização: Manter continuamente os três primeiros S's.	Padronização: Este S assegura que os três primeiros S's são mantidos.
Shitsuke	Disciplina: Criar a rotina de fazer o que é suposto ser feito. Este S é o mais difícil de implementar.	Disciplina: Criar o hábito de manter os procedimentos estabelecidos.

A implementação da metodologia 5S requer o comprometimento de todos os elementos da organização, incluindo a gestão de topo. A prática exige um investimento de tempo significativo e, nos casos em que implementada de uma forma adequada, tem um enorme impacto no desempenho organizacional (Ablanedo-Rosas *et al*, 2010).

2.5 Single Minute Exchange of Die

A técnica SMED, acrónimo para *Single Minute Exchange of Die*, é uma abordagem que visa melhorar ou mesmo eliminar as perdas de tempo devido a tarefas de preparação de materiais, ferramentas ou equipamentos durante o processo produtivo.

Shigeo Shingo, engenheiro industrial e consultor em centenas de empresas introduziu a técnica SMED com o objetivo de reduzir os tempos de troca de ferramenta. Esta técnica refere-se tanto à teoria como à prática de simplificar e melhorar os *setups* de modo a que a sua duração seja inferior a 10 minutos. A necessidade da prática de SMED, prende-se com facto de existirem muitas dificuldades nas empresas de produção, por exemplo, o elevado número de setups necessários para produzir uma grande variedade de produtos em pequenos lotes. De acordo com técnica SMED, mesmo que a frequência de *setups* não possa ser reduzida, o tempo de inatividade causado por mudanças de especificações nos equipamentos pode ser bastante encurtado, aumentando a capacidade de produção (Benjamin *et al*, 2013). O método de melhoria SMED consiste em cinco passos (Coimbra, 2013):

1. **Estudar a situação atual.** Aqui olhamos em detalhe para o método atual, em conjunto com a equipa que normalmente realiza as tarefas de *setup*. As ferramentas utilizadas são a análise de tempos, gravação de vídeo e diagrama de *spaghetti* dos movimentos necessários para realizar o trabalho.
2. **Separar o trabalho interno do trabalho externo.** Utilizando os tempos e os resultados da análise, classificamos cada tarefa em trabalho interno – trabalho que pode ser feito apenas com a máquina parada – ou trabalho externo – trabalho que pode ser realizado enquanto a máquina está em operação. Pegamos nas tarefas externas e reorganizamo-las quer no início ou no fim do processo. As tarefas internas são organizadas segundo um novo standard de operação. Os operadores são treinados de acordo com esse novo standard.
3. **Converter trabalho interno em trabalho externo.** Uma análise detalhada das tarefas internas pode revelar como, através da realização de melhorias, parte dessas tarefas podem ser realizadas com o equipamento em operação. Um exemplo clássico é um dispositivo que pré aquece a ferramenta (o pré aquecimento irá eliminar o tempo perdido enquanto se espera que a ferramenta atinja a temperatura requerida antes de poder ser usada).
4. **Reduzir trabalho interno.** Encontramos soluções que permitem realizar o trabalho interno mais rapidamente – por exemplo, reduzindo os tempos de ajuste através da padronização da geometria das ferramentas.
5. **Reduzir trabalho externo.** Encontramos soluções que permitem realizar o trabalho externo mais rapidamente – por exemplo, armazenamento ferramentas perto do equipamento.

A Figure 8 diz respeito aos cinco passos da metodologia SMED, desde a situação inicial até ao momento final.

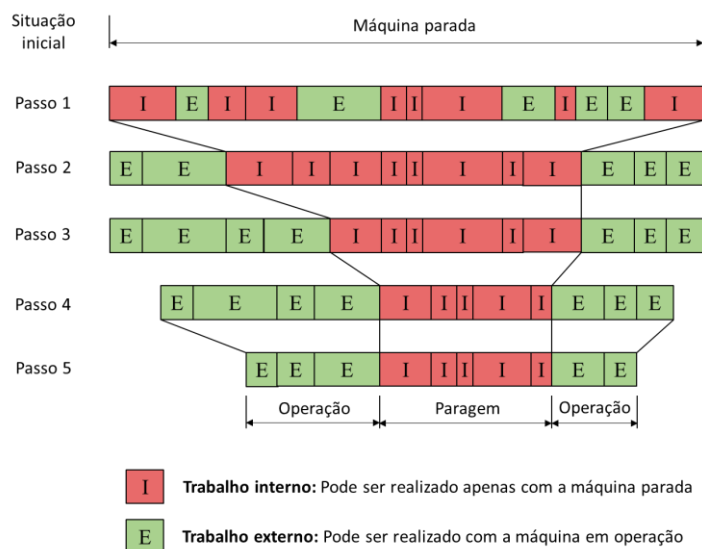


Figure 8 - Redução gradual do tempo de mudança de ferramenta (adaptado de Coimbra, 2013)

2.6 Total Productive Maintenance

O papel da manutenção é aumentar a disponibilidade das máquinas para os processos de produção e mantê-las em bom estado (Modgil e Sharma, 2016).

TPM é uma metodologia criada no Japão para apoiar o sistema *Lean Manufacturing*, uma vez que são necessários equipamentos confiáveis e eficazes para a implementação de iniciativas *Lean Manufacturing* nas organizações (Kasim *et al*, 2015). É um programa de manutenção que envolve um conceito de manutenção de espaços e equipamentos. O objetivo é aumentar a produção e, ao mesmo tempo, aumentar o nível de satisfação dos operadores (Kalbande e Thampi, 2012).

A Manutenção Produtiva Total coloca a manutenção em foco como uma parte necessária e vital ao negócio. A manutenção deixa de ser considerada uma atividade sem fins lucrativos. O tempo de paragem para manutenção está programado e, em alguns casos, é parte do plano de produção. O objetivo é fazer com que a manutenção de emergência, ou corretiva, seja efetuada o menor número de vezes. Visa eliminar as avarias dos equipamentos, as perdas de velocidade e as micro paragens. Promove a produção sem defeitos, a produção JIT (*just in time*) e a automação (Kalbande e Thampi, 2012).

O principal índice de desempenho para medir a eficácia da implementação do TPM é o Overall Equipment Effectiveness (OEE). As atividades do TPM eliminarão as perdas de um equipamento relacionadas com a disponibilidade, a performance e com a qualidade. Portanto, a implementação do TPM aumentará o valor do OEE (Kasim *et al*, 2015).

A Figura 9 ilustra os pilares que suportam o conceito TPM.

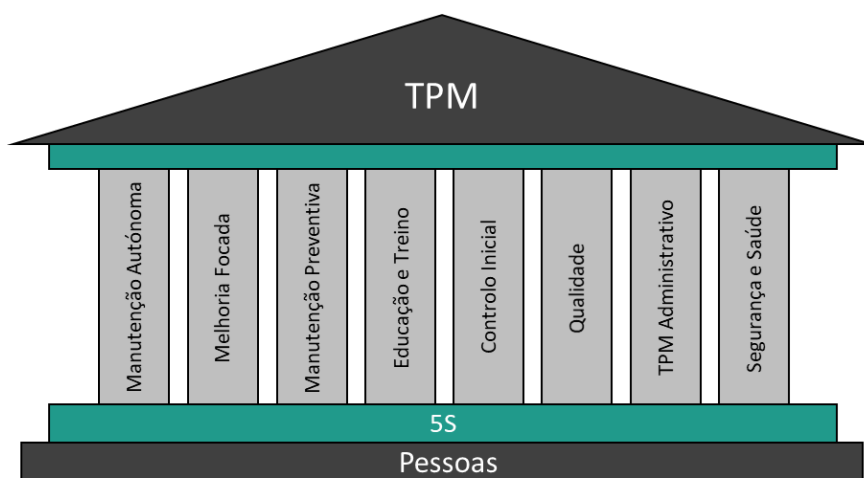


Figura 9 - Pilares TPM

3 Caracterização do processo

3.1 Linha de produção

Na Figura 10 está presente um esquema da vista frontal da linha aglomeradora de cilindros.



Figura 10 - Vista frontal da aglomeradora de cilindros

Localizada na unidade de produção Cork Natural Materials, a linha AG/CI era responsável pela produção de cilindros aglomerados com granulado de cortiça. De forma a conseguir responder ao número de encomendas, eram necessárias 24 horas de produção diária durante os sete dias da semana. Nos dias úteis, a produção dividia-se em três turnos de oito horas. Aos sábados e domingos, em dois turnos de 12 horas. A operação do primeiro turno tinha início às seis horas da manhã, tanto nos dias úteis como no fim de semana.

Dentro daquilo que era o contexto da empresa, a importância relativa desta linha de produção era elevada, uma vez que produzia a esmagadora maioria dos cilindros aglomerados, constituídos apenas por granulado de cortiça.

3.2 Produto

Como resultado do processo produtivo, resultava um cilindro aglomerado com um ou mais tipos de granulado de cortiça. Existiam várias referências de produto e a cada uma delas correspondia uma determinada fórmula.

Todos os cilindros produzidos nesta linha tinham um diâmetro comum, igual a 1100 mm. No que diz respeito à altura, cada cilindro era caracterizado por uma das dez medidas possíveis. Estas medidas podiam ser métricas ou imperiais e podiam tomar os seguintes valores: 36 in, 38 in, 1000 mm, 43 in, 48 in, 50 in, 54 in, 56 in, 60 in e 72 in. Dependendo da dimensão e dos constituintes, o peso de um cilindro variava entre 150 e 600 quilos.

O aspeto real de um cilindro pode ser observado na Figura 11.



Figura 11 - a) Cilindro aglomerado b) Armazenamento de cilindros

Através da leitura do gráfico da Figura 12, é possível constatar a percentagem de cilindros, de cada medida, que foram produzidos durante o ano de 2017.

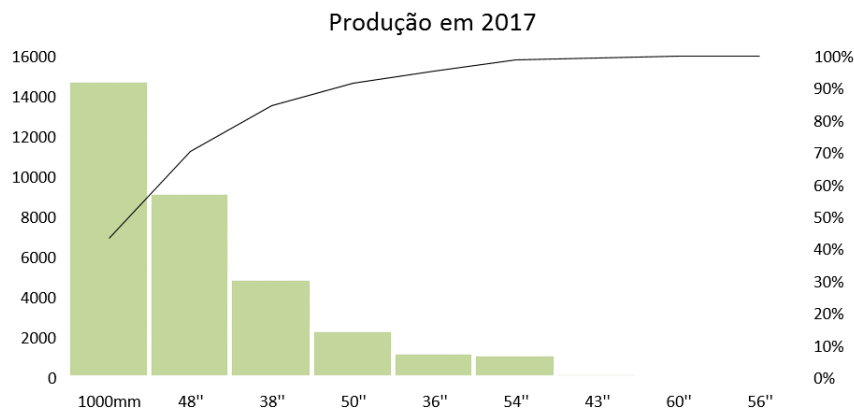


Figura 12 - Cilindros produzidos em 2017

No Anexo A, para que seja possível identificar os produtos que tinham um peso mais relevante na ocupação da linha de produção, encontra-se uma análise ABC relativa às quantidades produzidas de cada referência.

Na fórmula, eram definidos os tipos de granulado e os aditivos que iriam constituir o cilindro, bem como as respetivas quantidades. Eram ainda definidos os restantes parâmetros do processo que tinham influência direta no produto final, como a velocidade de transporte dos constituintes, velocidade de rotação das pás do misturador, cotas de aperto durante as prensagens, etc.

Os granulados podiam diferir quanto à sua dimensão e peso específico. A escolha do tipo de granulado a utilizar era feita tendo em conta as características pretendidas no produto final.

Os aditivos utilizados eram, na maior parte das vezes, apenas cola e água. Existiam várias referências de cola e cada uma delas proporcionava propriedades diferentes ao cilindro. Pontualmente, eram adicionados outros produtos químicos quando se pretendia obter características invulgares, como, por exemplo, uma cor diferente da natural.

A criação e desenvolvimento das fórmulas estavam ao encargo do Departamento de Inovação.

Os cilindros produzidos na linha AG/CI abasteciam as áreas de laminagem, dando origem a folhas, placas ou rolos. Uma parte muito pouco significativa da produção era vendida a outras entidades ainda na forma de cilindro, enquanto que a restante era laminada na empresa.

3.3 Processo

O esquema presente na Figura 13, permite obter uma visão mais clara em relação ao processo.

O granulado de cortiça que chegava à aglomeradora de cilindros podia ser proveniente dos silos de armazenamento ou de *big bags*.

Depois de pesadas, cada uma das referências de granulado era transportada até um dos ciclones existentes no piso superior, através de condutas. (1) Dependendo do ciclone utilizado, ficava definido o percurso que o material faria até à prensagem. Existiam dois percursos possíveis (percurso A e percurso B), que possibilitavam a produção de dois cilindros em simultâneo.

A partir daí, a cortiça seguia até à respetiva balança, onde era verificada a pesagem da mistura de granulado. (2)

Seguidamente, o material entrava no misturador. (3) Ao mesmo tempo, juntavam-se os aditivos, dando origem à mistura final.

A mistura final era, então, descarregada no molde (4) e deslocada até à prensa (5). O número de vezes que este movimento e o seu inverso (movimento de retorno à zona do misturador para novo enchimento) eram efetuados, era igual ao número de prensagens definido na fórmula correspondente à referência do cilindro que estava a ser produzido.

Depois de realizadas todas as prensagens, o molde era fechado e levado até uma das estufas para cozer. Quando saía da estufa, era ainda necessário um período de estabilização para que o cilindro pudesse ser desmoldado e terminasse o processo na Aglomeradora AG/CI.

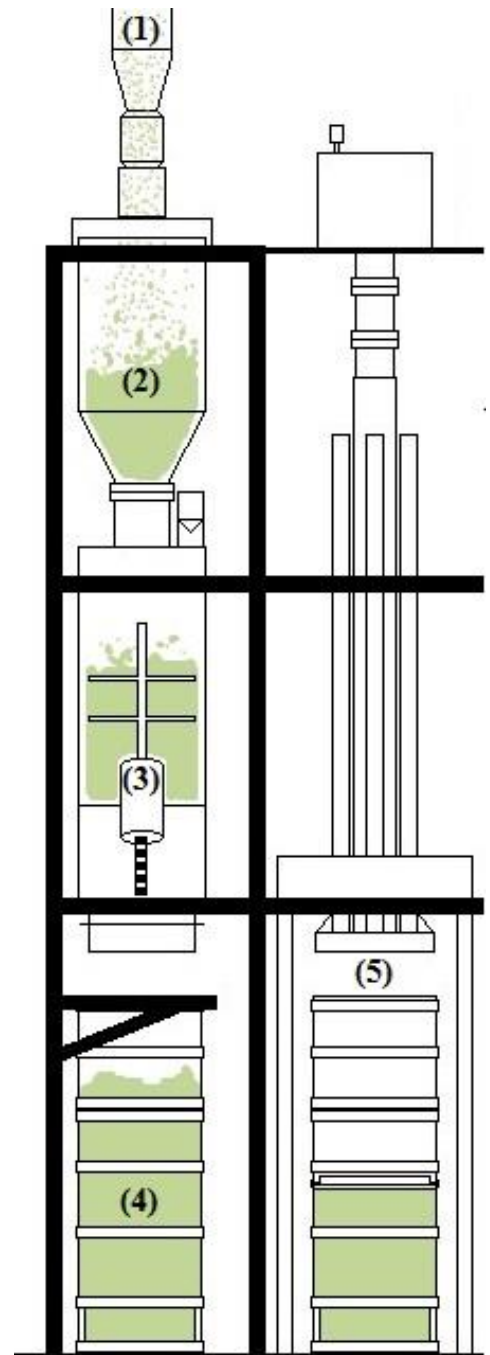


Figura 13 - Processo de aglomeração

3.3.1 Equipamentos constituintes da linha de produção

Os equipamentos que constituíam a linha aglomeradora de cilindros distribuíam-se em altura, por quatro pisos. O granulado era recebido no piso superior e o processo acontecia seguindo um trajeto descendente, culminando com a prensagem, cozimento e desmoldagem dos cilindros no piso inferior da linha de produção.

De modo a ilustrar a arquitetura de uma forma mais clara, está presente, no Anexo B, um esquema legendado que representa a vista frontal da linha de produção.

Silos, Big Bags e Balanças de pré pesagem

Existiam dois tipos de silo de armazenamento de granulado relacionados com o processo de aglomeração. Uns, de maior dimensão e localizados no exterior da fábrica, chamados simplesmente de “silos”. Os outros, mais pequenos e instalados no interior, designados por “silos tampão”. As diferenças entre os dois tipos de silo podem ser constatadas através da Figura 14.



Figura 14 - a) Silos b) Silo tampão

Os primeiros recebiam material proveniente da unidade de produção de granulado (GMT) diretamente por condutas, enquanto que os silos tampão eram alimentados por granulado que estava armazenado em *big bags* ou por material armazenado nos silos que abasteciam a produção de blocos aglomerados de cortiça.

A Figura 15 representa os *big bags* e o local de reposição dos mesmos, assim como uma balança de pré pesagem.



Figura 15 - a) *Big bags* b) Local de reposição de big bags c) Balança de pré pesagem

Em *big bags*, era armazenado granulado cujo o uso não era corrente e, portanto, não se justificava a existência um fluxo contínuo entre a unidade de produção e as várias unidades de consumo. O granulado que não era produzido na empresa, e que era comprado a outras entidades, também era recebido nesse formato.

O transporte desde o *big bag* até ao silo tampão era realizado pneumaticamente e de uma forma relativamente cuidada, uma vez que era necessário definir alguns parâmetros, como a velocidade de transporte nas condutas ou velocidade do parafuso sem fim.

À saída de cada silo, existia uma balança de pré pesagem onde era feito o controlo do peso de cada tipo de granulado que iria constituir o cilindro. O esquema da Figura 16 esclarece a arquitetura do conjunto silo - silo tampão - balança de pré pesagem.

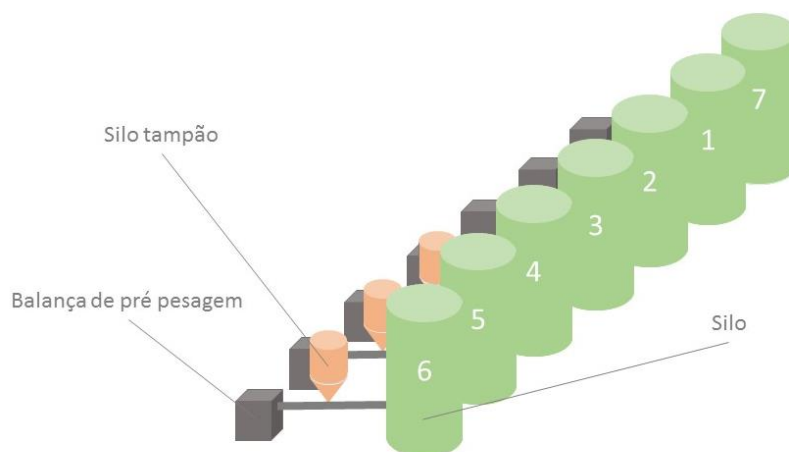


Figura 16 - Silos, silos tampão e balanças de pré pesagem

Cada um dos três silos tampão existentes, incorporava o circuito entre um dos silos de maior dimensão e a respetiva balança de pré pesagem. Assim, quando o granulado utilizado era proveniente de um *big bag* ou de um silo que abastecia a produção de blocos, podia ser pesado na balança que anteriormente pesava o granulado armazenado no silo de maior dimensão, ao qual o silo tampão estava acoplado.

Uma vez que os silos tampão tinham uma capacidade de armazenamento reduzida, eram os operadores que definiam para qual dos silos iria ser enviado o granulado. Idealmente, esta seleção era feita de forma a que não fosse necessário fazer limpeza, isto é, de forma a que o enchimento fosse efetuado com o mesmo tipo granulado ou com um material de calibre superior ao do material que estava, anteriormente, armazenado.

No que diz respeito aos silos de maior dimensão, a decisão sobre o tipo de granulado que estava presente em cada silo não passa pelos operadores, mas sim por responsáveis da unidade de produção de granulado. Normalmente, cada silo estava dedicado a um tipo de granulado, como representado na Tabela 2.

O granulado era classificado essencialmente tendo em conta a sua dimensão e a sua densidade. Por exemplo, o granulado do tipo BD 0,5/1 é um granulado que apresenta baixa densidade (BD) e a sua dimensão varia, sensivelmente, entre os 0,5mm e 1mm (0,5/1).

Tabela 2 - Tipo de granulado armazenado

Silo	Granulado
1	BD 0,5/1
2	BD 1/2
3	AD 1/2
4	MD 1/2
5	Lote 2/4 Falca
6	BD 1/2
7	RC 1/4

Ciclones

No piso superior da linha de produção, estavam presentes dois ciclones. Dependendo do ciclone onde entrava o granulado seria definido o percurso (A ou B) até ao piso inferior, onde era efetuada a prensagem. A função de cada ciclone era extrair o material granulado das condutas e enviá-lo para a respetiva balança, localizada no piso imediatamente abaixo.

Balanças

As duas balanças (A e B) recebiam a matéria prima enviada pelo ciclone e verificavam o peso da mistura de granulado. O peso, em cada balança, deveria corresponder à soma dos pesos de cada tipo de granulado pesado nas balanças de pré pesagem. Esta realidade nem sempre se verificava, uma vez que podia existir algum problema no sem fim usado para transportar o granulado ou má calibração nas balanças. No caso de o desvio em relação à soma ser superior a 1kg, o operador tinha de aceitar/rejeitar o desvio para que o processo prosseguisse ou para que fossem realizadas eventuais correções.

Na Figura 17 estão presentes fotografias do ciclone e da balança do lado A da linha de produção.

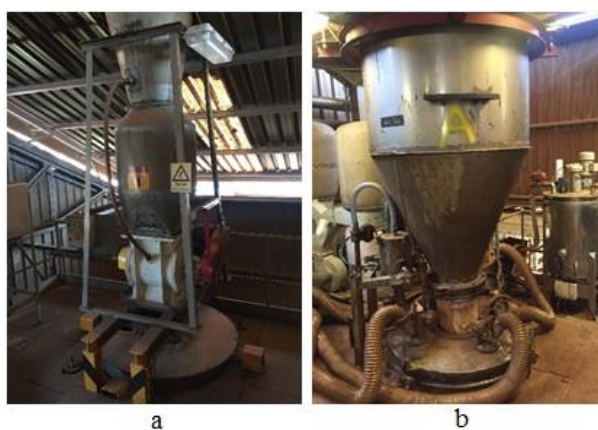


Figura 17 - a) Ciclone industrial b) Balança

Misturadores

A mistura de granulado proveniente das balanças seguia para o misturador. Em simultâneo, juntavam-se os aditivos, dando origem à mistura final. A mistura era homogeneizada e descarregada no molde. O fecho e abertura de cada misturador eram realizados com recurso ao avanço ou recuo de um pistão.

Chiller

O arrefecimento das paredes dos misturadores, fazia-se recorrendo à utilização de água arrefecida por um chiller.

Um dos misturadores e o chiller são apresentados na Figura 18.



Figura 18 - a) Misturador b) Chiller

Depósitos

Para armazenar água, cola, óleo, líquido desmoldante e ar comprimido, existiam vários depósitos na linha de produção.

Sendo um recurso indispensável à produção de cilindros por aglomeração, a água era constantemente necessária durante o processo. Estava armazenada em dois depósitos de diferentes dimensões. O depósito maior (equipamento número 8 no esquema em anexo) é abastecido por condutas, diretamente da rede pública, e abastecia o mais pequeno que se encontrava no piso 3. Daí a água seguia para o misturador, incorporando a mistura final.

Na linha AG/CI, a cola era recebida em depósitos que eram colocados no piso 1. A seguir, era enviada para um dos dois tipos de depósito localizados no piso 2. Caso fosse enviada para o depósito de maior dimensão (equipamento número 5 no esquema em anexo), era aquecida e juntava-se à mistura final. Nesta situação, a medição da quantidade de cola era efetuada através de um caudalímetro. Sendo enviada para o outro tipo de depósito (equipamento número 4 no esquema em anexo), a cola não sofria aquecimento e o controlo da quantidade era feito no próprio depósito, através de um sistema de pesagem.

Os tipos de depósito de água e de cola que existiam na aglomeradora de cilindros estão presentes na Figura 19.

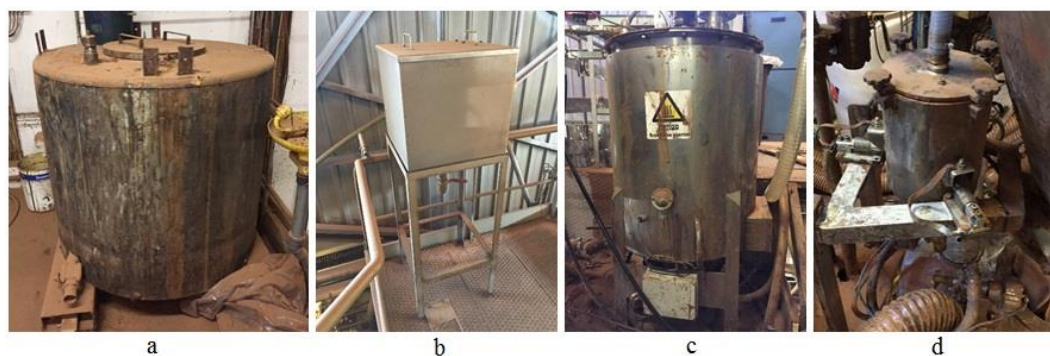


Figura 19 - a)Depósito de água b)Depósito de água c)Depósito de cola d)Depósito de cola

No piso 3, encontrava-se um depósito que armazenava óleo necessário para o funcionamento da parte superior da prensa.

De modo a facilitar a desmoldagem dos cilindros, era aplicado um líquido desmoldante na superfície interior do molde. Este líquido estava armazenado num depósito instalado no piso 0 da linha de produção.

Para auxiliar nas tarefas de limpeza, estava disponível uma rede de ar comprimido e existiam vários depósitos distribuídos estrategicamente pelos andares da linha de produção.

Na Figura 20 apresenta-se um exemplo de um depósito de óleo e um exemplo de um depósito de ar comprimido.

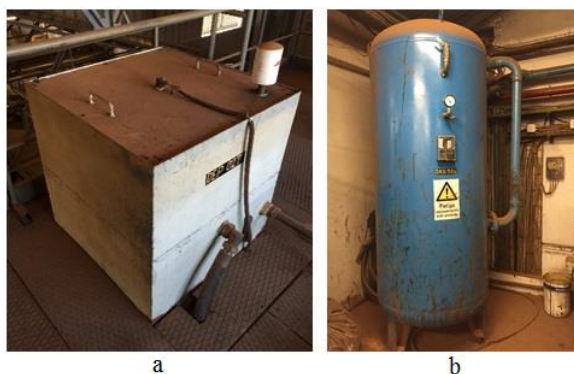


Figura 20 - a) Depósito de óleo b) Depósito de ar comprimido

Aspiradores

Dada a acumulação de poeiras e granulado na linha de produção, era necessária a presença de aspiradores com capacidade para manter um ambiente adequado, durante o processo. Existiam dois aspiradores no piso 2, que eram usados para remover a sujidade provocada na passagem da mistura de granulado da balança para o misturador. No piso 0, um outro aspirador, era utilizado para limpar as zonas de prensagem e desmoldagem.

Prensa

Depois da mistura final ser descarregada no molde pelo misturador, era prensada. O molde era fechado e a mistura, sob pressão, ficava pronta para ser cozida.

Na linha AG/CI, existia uma única prensa que efetuava as prensagens dos cilindros provenientes dos dois percursos (A e B). Embora a prensagem fosse realizada no piso inferior, o corpo da prensa percorria três dos quatro pisos da linha de produção.

Um exemplo de um aspirador e a prensa estão representados na Figura 21.

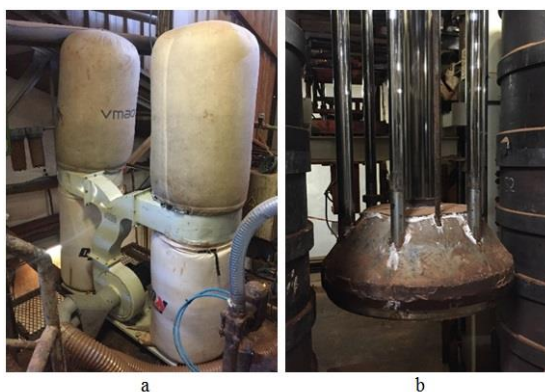


Figura 21 - a) Aspirador b) Prensa

Estufas

Depois de prensados, os cilindros eram cozidos para que os vários tipos de granulado agregassem, dando origem a um produto compacto. Os tempos de cozimento podiam variar entre três e seis horas, dependendo da referência.

Estavam disponíveis três estufas. Uma delas era maior e mais recente, o que possibilitava o cozimento de cilindros prensados em moldes de maiores dimensões.

Ferramentas

O conjunto de dez alturas que podiam caracterizar um cilindro, era conseguido através da utilização de moldes de duas dimensões distintas.

Ao efetuar a última prensagem de um cilindro, a cabeça da prensa tinha acoplada uma tampa de diâmetro igual ao do interior do molde. Esta tampa era fixada através de quatro pregos que os operadores inseriam manualmente nos furos presentes na parede do molde. Cada conjunto de quatro furos correspondia a uma altura diferente que o cilindro podia tomar.

Assim sendo, o número de conjuntos de furos presentes num determinado tipo de molde, era igual ao número de alturas de cilindro diferentes que esse mesmo molde possibilitava.

Os moldes mais pequenos permitiam a produção de cilindros com as seguintes alturas: 36 in, 38 in, 1000 mm, 43 in, 48 in, 50 in, 54 in. As alturas restantes, só podiam ser obtidas recorrendo ao outro tipo de molde. Os moldes maiores podiam também ser utilizados para a produção de cilindros de 50 in e 54 in.

Estavam disponíveis 62 dos 70 moldes pequenos e 11 dos 12 moldes grandes existentes. Os restantes encontravam-se em processo de reparação.

A Figura 22 é referente à estabilização dos cilindros no interior dos moldes.



Figura 22 - Moldes nas linhas de estabilização

Cilindros de 38 in

Uma vez que os moldes pequenos permitiam a produção de sete alturas de cilindro diferentes, deveriam possuir também sete conjuntos de quatro furos. Cada um deles seria correspondente a uma altura. No entanto, isto não se verificava. Os moldes tinham apenas seis conjuntos de furos.

Para produzir os cilindros de 38 in, os pregos que fixavam a tampa eram introduzidos nos furos correspondentes à altura de 40 in e, para compensar a diferença entre as alturas, eram colocadas, no fundo de cada molde, duas peças de madeira. A Figura 23 representa o momento da colocação dessas peças.



Figura 23 - a)Interior de um molde b)Peças em madeira c)Colocação de peças de madeira

Transfers e Grupos hidráulicos

A movimentação dos moldes no circuito era efetuada recorrendo à utilização de tranfers que se deslocavam sobre carris, como pode ser observado na figura 24. Para que os movimentos fossem realizados de uma forma automática e seguindo uma sequência lógica, estavam instalados sensores nos próprios tranfers e em vários pontos do circuito.

A extração e introdução dos moldes nos tranfers era conseguida através de atuadores hidráulicos.

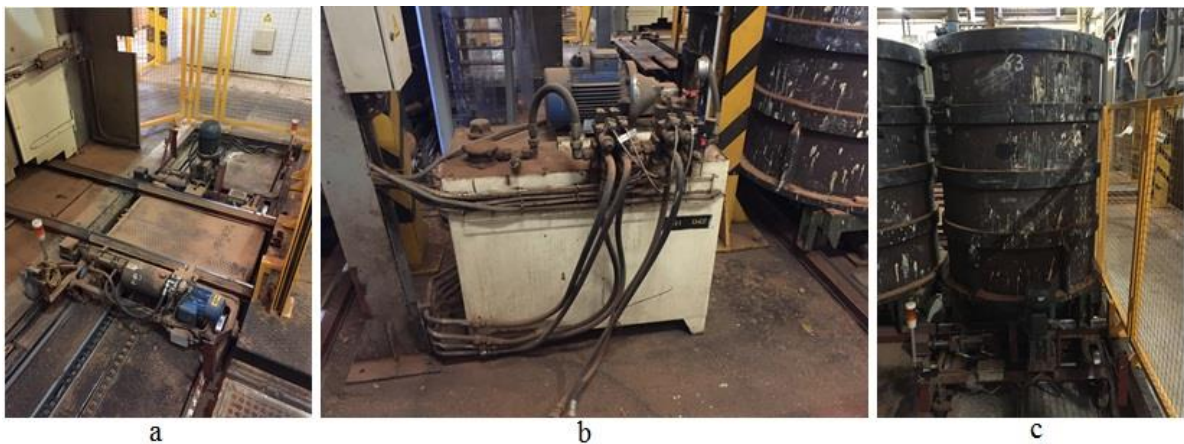


Figura 24 - a)Transfer b)Central hidráulica c)Movimentação de um molde

3.3.2 Circuito de movimentação dos moldes

Com o intuito de proporcionar uma melhor compreensão, está presente, no Anexo C, um esquema da vista de cima do circuito de movimentação dos moldes.

Enchimento e prensagem

No piso inferior da linha de produção, os moldes começavam por ser colocados na **Zona de enchimento e prensagem / Slide**, para que as misturas presentes nos misturadores fossem descarregadas. O enchimento e prensagem dos dois moldes (percurso A e B) era realizado de forma alternada, ou seja, enquanto se dava o enchimento do molde no lado B, acontecia a prensagem no molde do lado A. Depois de realizados todos os enchimentos e prensagens, os moldes eram introduzidos num dos **transfers 2 ou 3** que os levavam até uma das estufas (**transfer 2** quando era utilizada a **estufa 1 ou 2** e **transfer 3** quando era utilizada a **estufa 3**).

Cozimento e estabilização

Dependendo da referência de cilindro, os moldes permaneciam dentro da estufa, a sensivelmente 140°C, durante um período que variava entre três e seis horas. Depois, eram introduzidos no **transfer 4**, que os deslocava desde a saída da estufa até a uma das **Zonas de estabilização**.

A escolha da **Zona de estabilização** dependia da dimensão do cilindro que tinha sido produzido. Os cilindros produzidos nos moldes de 72”, podiam apenas ser cozidos na estufa 3, devido a limitações dimensionais das outras estufas.

Cada estufa tinha capacidade para 12 moldes. Os moldes começavam por ser enviados para a **estufa 1**, depois para a **estufa 2** e por fim para a **estufa 3**. Considerando o funcionamento ideal da linha de produção, quando a **estufa 3** enchia, a **estufa 1** já se encontrava total ou parcialmente desocupada e não havia necessidade de paragem de produção. Na **Zona de estabilização (moldes de 54”)**, existiam quatro linhas e cada uma delas tinha capacidade para 14 moldes. O enchimento destas linhas seguia a mesma lógica do enchimento das estufas, começando pela linha 1 e terminando na linha 4.

Desmoldagem e reposição

Após um período de estabilização de, no mínimo, três horas, os moldes eram introduzidos no **transfer 3** e encaminhados até à **Zona de desmoldagem e limpeza**. O cilindro era extraído do molde e era aplicado líquido desmoldante ao seu fundo. A tampa que fechava o cilindro também era revestida com o mesmo líquido.

Cada vez que novos cilindros eram prensados e saíam para as estufas, existia a necessidade de repor os moldes vazios na **Zona de espera**. O **transfer 1** era responsável por essa reposição, transportando as ferramentas desde a **Zona de desmoldagem e limpeza**.

As tampas, revestidas com líquido desmoldante, eram deslocadas até à zona de prensagem através de um tapete rolante totalmente dedicado a essa ação.

3.3.3 Operadores

A linha aglomeradora de cilindros era bastante automatizada. Grande parte das ações eram realizadas sem que fosse necessária a intervenção humana, no entanto, era da responsabilidade dos operadores garantir o bom funcionamento dos equipamentos, a correta origem das matérias primas e a segurança durante o processo.

Para que a linha de produção funcionasse de forma ideal, era necessária a mão de obra de dois operadores.

Produção

No arranque da produção, os operadores iniciavam os equipamentos e verificavam se cada um deles funcionava corretamente.

Já no decorrer do processo, no final da última prensagem, inseriam manualmente os pregos que fixavam as tampas. Depois, selecionavam a estufa em que o cilindro seria cozido e enviavam o molde para o seu interior. No final do período de cozimento, retiravam o molde e encaminhavam-no para uma das linhas de estabilização.

Seguidamente, quando o cilindro já se encontrava estabilizado, deslocavam a ferramenta para a zona de desmoldagem. Neste local, retiravam o cilindro e preparavam o molde para novo enchimento, efetuando a limpeza e aplicando líquido desmoldante.

As ordens de movimentação dos moldes eram dadas através do software de controlo da linha de produção.

Formação

O conjunto de tarefas a realizar pelos operadores, em cada ciclo de produção, era relativamente reduzido, no entanto, apresentava alguma complexidade. Era necessária uma grande sensibilidade para conseguir detetar anomalias que pudessem danificar o produto final ou até mesmo algum dos equipamentos.

As pessoas que operavam na linha AG/CI eram bastante experientes. Formar um novo operador era um processo complexo e demorado, uma vez que não existia um plano de formação bem definido.

Segurança

Durante o processo era obrigatório o uso de botas de segurança, fardamento adequado, luvas e protetores auriculares. Nas operações de limpeza, era ainda necessário a utilização de máscara e óculos de proteção.

3.3.4 Setups

Mudança de série

Quando se mudava de série, podia ser necessário realizar um conjunto de operações, dependendo da referência que estava a ser produzida anteriormente.

No caso de a mudança de série implicar a mudança do tipo de molde, tinha de se efetuar a mudança de caixa. Esta operação tinha duração de, aproximadamente, 20 minutos. Tendo em conta que a produção de cilindros em moldes grandes, de 72 polegadas, representava menos de 1% da produção total, o número de ocorrências deste *setup* considerou-se desprezável.

A mudança de série podia também implicar a limpeza das condutas, dos misturadores ou até mesmo dos silos. Se a nova referência utilizasse granulados de dimensões inferiores àquela que estava a ser produzida, era essencial uma limpeza cuidada do sistema, uma vez que qualquer contaminação daria origem a um produto não conforme. Quando o granulado que constituía a nova referência era maior ou mais denso do que aquele que constituía a antiga, a operação de limpeza era mais ligeira e demorava apenas 10 minutos.

A mudança de uma referência para outra que utiliza granulado de menor dimensão demorava, em média 1 hora e 25 minutos.

4 Estado inicial e análise de problemas

Com o objetivo de conhecer a situação inicial e definir os índices de rendimento da linha de produção, foi realizada uma análise dos registos onde estavam detalhados os tempos produtivos e improdutivos.

No centro de trabalho em questão, esses registos podiam ser obtidos através de duas fontes. A mais antiga, que consistia no registo manual, em papel, onde os operadores tomavam nota das horas de início e fim de cada ordem de fabrico, assim como de todas as paragens de produção. E a mais recente, que se baseava na monitorização do sistema por parte de um software e que resultava nos mesmos dados, com um nível superior de precisão.

A análise dos dados relativos ao ano de 2017 foi efetuada recorrendo aos registos em papel, uma vez que o software, por ser recente e não estar a funcionar em pleno, não permitia a obtenção de valores exatos.

Atendendo ao facto dos registos e a sua passagem para uma base informática serem efetuados manualmente, existia uma probabilidade considerável de ocorrerem erros, dando origem a dados de má qualidade, que resultavam em informação incorreta.

De modo a aumentar o nível de exatidão da análise, procedeu-se a uma filtragem dos dados, considerando que os registos de um determinado dia eram fiáveis quando o somatório dos tempos produtivos e improdutivos, ou seja, o tempo diário disponível, se situava no intervalo que compreendia os valores entre 23,5 e 24,5 horas, como representado no gráfico da Figura 25. Isto é, achou-se aceitável um desvio de meia hora em relação àquele que deveria ser o tempo disponível obtido em cada um dos dias analisados - 24 horas.

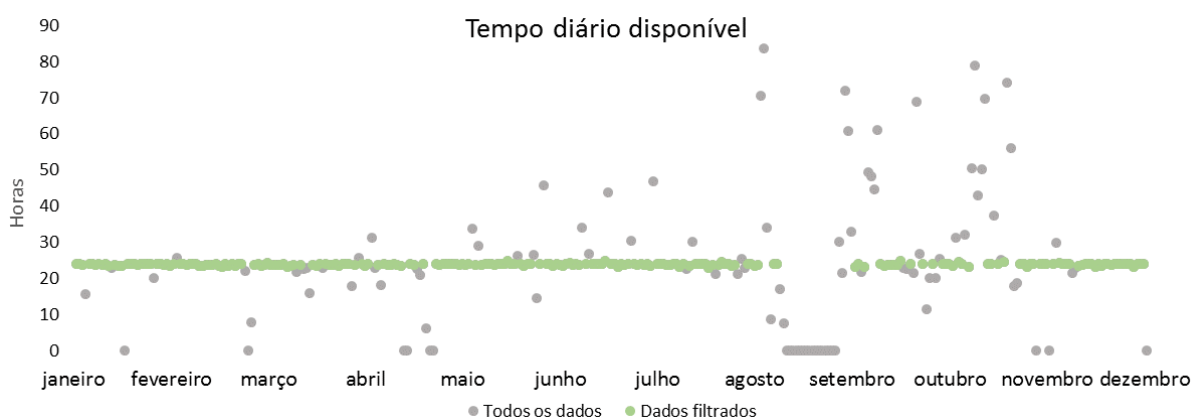


Figura 25 - Filtragem de dados

Foram analisados os dados dos 250 dias cujo tempo disponível se situava no referido intervalo.

Além disso, fez-se uma correção ao sistema. Anteriormente, assumia-se que o tempo planeado para produção eram 22,5 horas, uma vez que se descontavam três paragens de 30 minutos para refeições. No entanto, visto que a paragem para refeição passou a ser realizada, pelos operadores, de forma alternada, não existiam paragens de produção planeadas. Ou seja, fazia sentido assumir 24 horas como tempo planeado para produção.

Índice de disponibilidade

Constatou-se que o número de tempos improdutivos que afetavam o índice de disponibilidade era elevado, assim como a duração dos mesmos. Avarias, limpezas ou mudanças de série, são exemplos de tarefas que resultaram em mais de 2000 horas desperdiçadas, durante os 250 dias analisados.

Em baixo, no gráfico da Figura 26, observa-se a variação do índice de disponibilidade ao longo do ano de 2017, sendo possível distinguir o índice calculado antes e depois da correção dos dados.



Figura 26 - Evolução do índice de disponibilidade ao longo de 2017

A disponibilidade da aglomeradora foi de 65,8%. Os valores calculados foram relativamente constantes ao longo do ano, com exceção do mês de agosto. Essa variação era coincidente com o período de paragem para férias.

Não se verificaram grandes diferenças entre os índices calculados antes e depois da filtragem.

4.1 Índice de performance

No que diz respeito à performance, os números obtidos foram satisfatórios. No ano de 2017 o índice situou-se nos 98,8% e, tal como o índice de disponibilidade, apresentou alterações significativas apenas no mês de agosto, como se pode observar no gráfico da Figura 27.

Neste índice não se verificaram diferenças entre os cálculos efetuados antes e depois da filtragem dos dados. No entanto, durante a análise, verificou-se que os tempos de ciclo de cada uma das referências produzidas estavam desajustados. Os tempos presentes no sistema, que serviam para calcular o índice de performance da linha de produção, eram, na grande maioria das referências, superiores aos tempos de ciclo reais. Foi efetuada a devida correção, que resultou na descida do índice de performance de 107,7% para 98,8%.

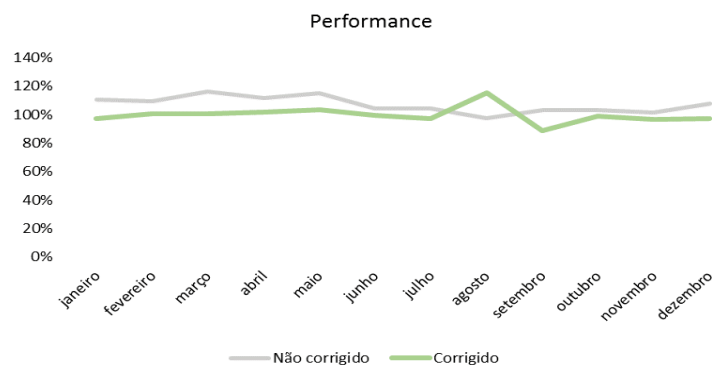


Figura 27 - Evolução do índice de performance ao longo de 2017

4.2 Índice de qualidade

A maior parte dos defeitos existentes nos cilindros produzidos na aglomeradora eram identificados apenas na fase de laminagem. Normalmente, os cilindros eram laminados uma semana depois de terem sido aglomerados, por ser aconselhável um período de estabilização. Por esta razão, analisando os registos das quantidades rejeitadas não foi possível calcular o índice de qualidade para cada um dos meses. Existia o risco de serem atribuídas rejeições a um determinado mês, quando na verdade eram relativas a um período anterior. Contudo, sabendo que o atraso da laminagem relativamente à aglomeração correspondia, usualmente, a uma semana, foi possível obter uma boa aproximação do índice de qualidade referente ao ano de 2017.

Analisaram-se os registos de produção de um conjunto de laminadoras, que foram responsáveis pela laminagem de mais de 35000m³, o equivalente à produção total da aglomeradora. Segundo os registos, foram rejeitados mais de 1300m³ de material e 64% dos defeitos tinham origem no processo de aglomeração, o que resultava num índice de qualidade de aproximadamente 97,6%.

Os defeitos com origem na aglomeradora podiam ser de vários tipos. Porosidade, contaminações, fendas ou desagregação são alguns exemplos. O gráfico da Figura 28 permite perceber o peso relativo de cada um dos tipos de defeito.

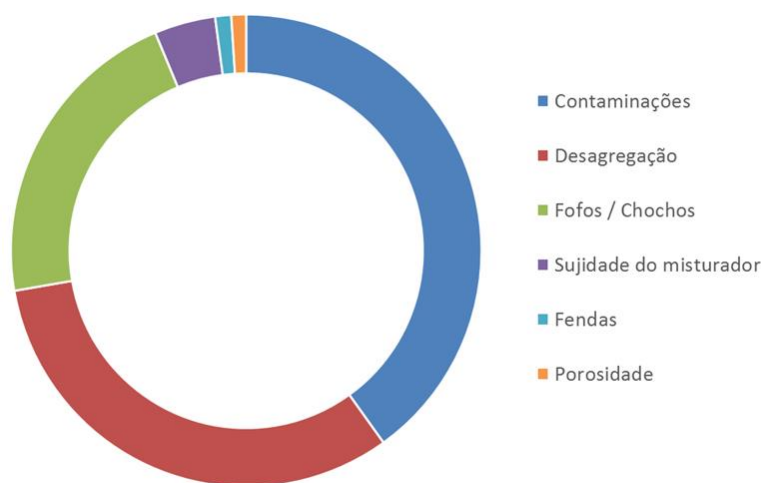


Figura 28 - Motivos de rejeição em 2017

4.3 Índice de rendimento global

Depois de conhecidos os índices de disponibilidade, performance e qualidade, foi possível chegar ao valor de 63,45% que correspondia ao índice de rendimento global da linha aglomeradora de cilindros, relativo ao ano 2017.

4.4 Seleção de potenciais focos de melhoria

Com o objetivo de identificar os potenciais focos de melhoria, foi realizada uma análise aos índices de rendimento da linha de produção.

Através da leitura do gráfico da Figura 29, percebeu-se que a atenuação dos problemas que contribuíam para o encolhimento do índice de disponibilidade representava, à partida, um aumento considerável do rendimento global do centro de trabalho. Por isso, examinou-se os motivos de paragem da aglomeradora de cilindros, de uma forma cuidada.

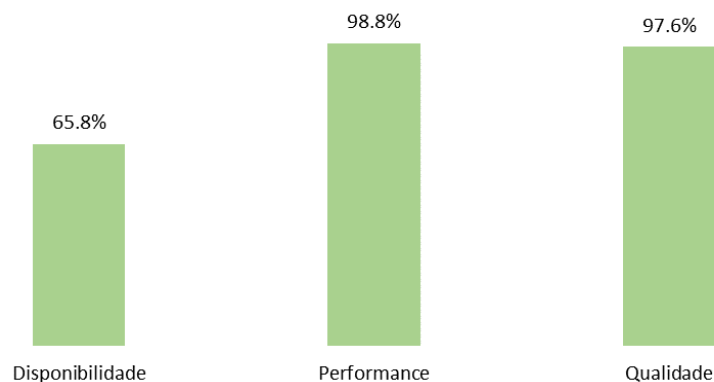


Figura 29 - Índices de disponibilidade, performance e qualidade relativos ao ano de 2017

Ao mesmo tempo, considerou-se que a quantidade de produto rejeitado era excessiva. De forma a entender a origem dos defeitos que conduziam a essas mesmas rejeições, verificaram-se os registos de produção, no quais constavam as quantidades rejeitadas e os tipos de defeito.

Em relação às perdas de velocidade durante a produção, e atendendo ao índice de performance de 98,8%, julgou-se que seria necessário um grande esforço ao nível da engenharia do processo para que o rendimento global fosse afetado. Por essa razão, não foram consideradas ações focadas no aumento de performance.

4.4.1 Análise de motivos de paragem

Através dos mesmos registos que foram utilizados para calcular os índices de rendimento do centro de trabalho, foi possível identificar os tipos de paragem que eram responsáveis pela maioria dos tempos improdutivos. Estes tipos de paragem podem ser identificados no gráfico da Figura 30.

Concluiu-se que a limpeza regular de fim de turno e para mudança de série, as avarias elétricas e mecânicas, a falta de estufa disponível e as paragens para refeição eram as principais causas de paragem na linha de produção. Com efeito, optou-se por pensar em ações que tivessem impacto direto nos referidos tipos de paragem.

No que diz respeito às limpezas de fim de turno ou relativas a mudança de série, que demoravam em média 46 e 40 minutos, respetivamente, a ideia era proceder à sua melhoria. O

objetivo seria fazer com que estas tarefas fossem realizadas de uma forma mais rápida ou, no limite, fossem eliminadas das rotinas de trabalho.

Em relação às avarias mecânicas e elétricas que, em conjunto, foram responsáveis por mais de 420 horas de paragem, durante os 250 dias analisados, o propósito seria identificar as causas raiz que davam origem as essas mesmas avarias e encontrar soluções para que o número de ocorrências fosse reduzido. Ao mesmo tempo, seriam importantes as ações que permitissem que as intervenções das equipas de manutenção fossem mais breves e fizessem com que o tempo médio de reparação dos equipamentos diminuísse.

As paragens marcadas como “Falta de estufa” aconteciam quando uma ou mais estufas não atingiam a temperatura mínima de cozimento, devido a uma falha na caldeira, por exemplo. Este tipo de acontecimento não representava uma das principais causas de paragens da linha de produção, uma vez o número excessivo de paragens durante o ano de 2017 se deveu a um incêndio na numa das caldeiras usadas para o aquecimento das estufas.

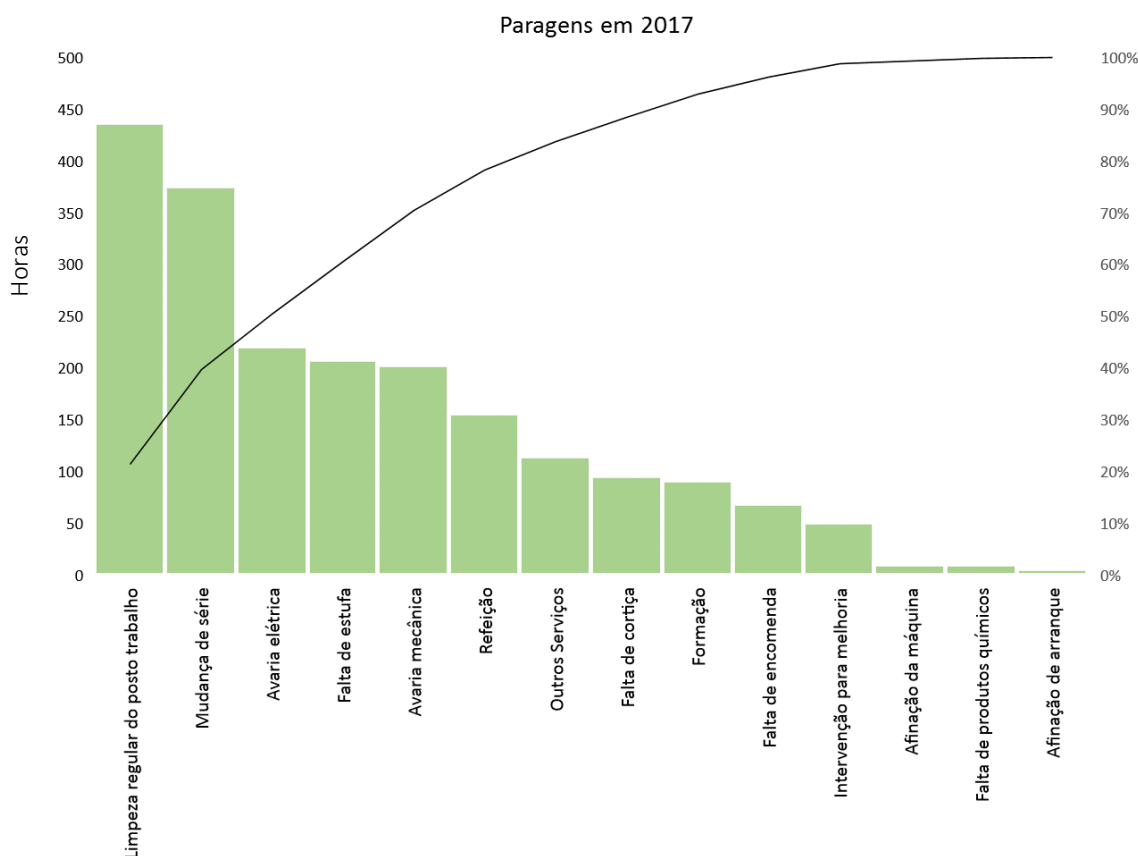


Figura 30 – Horas de paragem agrupadas por motivo do ano de 2017

Atendendo ao funcionamento normal da linha de produção, o horário de refeição não representaria um tempo improdutivo, uma vez que os dois operadores fariam paragens alternadas e, durante esse período, a linha AG/CI funcionaria apenas com um trabalhador. No entanto, quando o abastecimento de granulado era feito com *big bags*, a operação com apenas um operador tornava-se impossível. Era necessário que uma pessoa estivesse dedicada à reposição de *big bags*, enquanto que a outra ficava responsável pelas restantes tarefas. Desta forma, para eliminar a causa que esteve na origem de cerca de 8% do total dos tempos improdutivos, seria necessário estudar uma solução que fizesse com que, nesse cenário, fosse, por exemplo, possível a operação com um só operador.

4.4.2 Análise de motivos de rejeição

Como referido anteriormente, a maioria dos defeitos presentes nos cilindros produzidos pela linha AG/CI são identificados apenas na fase de laminagem. Os produtos podem ser rejeitados por apresentarem contaminações, desagregação, fendas, fofos ou chochos, por exemplo.

Foram analisados os dados relativos à produção de um conjunto de laminadoras responsáveis pela laminagem de, praticamente, toda a produção da aglomerado. Na Tabela 3, estão presentes as quantidades rejeitadas, em metros cúbicos, agrupadas por motivo de rejeição, no ano 2017.

Tabela 3 - Motivos de rejeição referentes ao ano de 2017

Rejeições em 2017		
Motivo	Quantidade [m ³]	% Relativa
Desagregação	269.3	20.6%
Contaminação - Processo	254.2	19.4%
Defeitos não relacionados com aglomeração	199.6	15.3%
Fofos/Chochos	178.9	13.7%
Contaminação - Matéria-Prima	75.4	5.8%
Sujidade do misturador	39.5	3.0%
Fendas	9.2	0.7%
Porosidade	8.5	0.7%
Contaminação - Madeira	1.4	0.1%

Seria importante atuar nos motivos que representam as maiores perdas de qualidade, nomeadamente as contaminações, a desagregação, os fofos ou chochos.

5 Apresentação, implementação e monitorização de ações de melhoria

5.1 *Mudança de referência*

Uma vez que as mudanças de série eram um dos principais motivos de paragem na linha de produção, decidiu analisar-se em pormenor aquela que era a mudança de série mais crítica, por obrigar a uma limpeza mais cuidada do circuito.

Quando se alterava a produção e se passava de uma referência que utilizava um tipo granulado de densidade ou calibre elevado para produtos constituídos por granulados refinados e leves, a probabilidade contaminação era elevada. Além disso, o aparecimento de granulado fino (com calibre inferior a 2mm) numa referência que é constituída por granulado grosso (calibre superior a 2mm) era considerada uma contaminação ligeira que dificilmente dava origem a material rejeitado. Pelo contrário, a contaminação em referências que utilizavam granulados finos com restos de granulado de calibre superior era considerada uma contaminação grave e provocava, seguramente, rejeições.

Para garantir que não ocorriam contaminações graves nos produtos, os operadores limpavam cuidadosamente todo o circuito antes deste tipo de mudança de série. Limpavam as condutas de transporte de granulado, assim como as balanças e os misturadores.

A limpeza das condutas era realizada através da atuação do transporte pneumático em vazio durante cerca de um minuto. A limpeza das partes exteriores da balança e do misturador eram conseguidas com a utilização de ar comprimido. No interior dos misturadores eram realizadas as tarefas mais complexas. Limpavam-se as pás e as paredes que se encontravam com uma camada de sujidade constituída essencialmente por restos de cola no estado sólido. O interior do misturador era um espaço pouco ergonómico para realizar estas tarefas, como pode ser observado na Figura 31.



Figura 31 - a) Interior de um misturador b) Limpeza de um misturador

No final, aspiravam-se os restos de granulado, de pó e de cola removidos durante a limpeza que, entretanto, tinham sido enviados para o piso inferior do centro de trabalho através da abertura do misturador, representada na Figura 32.



Figura 32 - Entrada de um misturador

Optou-se por utilizar a metodologia SMED para tentar reduzir a duração deste *setup*. O primeiro passo foi acompanhar e observar uma destas mudanças de série. De modo a facilitar a análise, decidiu-se filmar as operações de cada um dos operadores. A filmagem permitiu validar o tempo médio da mudança de série que tinha sido obtido através da análise dos tempos improdutivos. Desde a produção do último cilindro da série anterior até à produção do primeiro cilindro da série seguinte passavam, aproximadamente, 85 minutos, dos quais 55 eram dedicados a tarefas relacionadas com a limpeza. O esquema presente na Figura 33 é relativo a esse período.

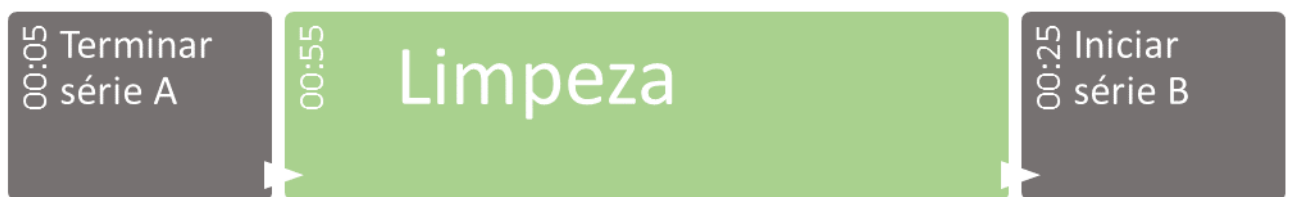


Figura 33 - Mudança de série "grossos-finos"

A análise das filmagens permitiu ainda retirar as seguintes conclusões:

- Não existia um standard de trabalho para este *setup*;
- Os dois operadores, apesar de experientes, não estavam coordenados;
- Realizavam-se tarefas durante a paragens que podiam facilmente ser realizadas com a linha em funcionamento;
- Não existiam todas as ferramentas necessárias ou adequadas ao processo.

Achou-se indispensável a criação de um standard de trabalho. No entanto, considerou-se que o ideal seria dividir o *setup* em pequenas tarefas e, de seguida, identificar as tarefas internas com potencial para serem transformadas em externas, ao mesmo tempo que se identificavam as ferramentas necessárias a cada uma das tarefas.

Foram identificadas as seguintes tarefas, realizadas durante a paragem, com potencial para serem realizadas durante o normal funcionamento da linha de produção:

- Limpeza das pás dos misturadores;
- Afiamento dos raspadores.

A limpeza das pás dos misturadores era, entre o conjunto de tarefas que constituíam o *setup*, a tarefa mais demorada. Consistia na remoção dos restos de cola que se acumulavam ao longo do processo. Os operadores utilizavam um raspador e executavam a tarefa manualmente.

A colocação de um conjunto de pás suplentes na linha de produção poderia conduzir à diminuição da duração do *setup*. Estas pás estariam previamente preparadas e, no momento de mudança de série, substituir-se-iam as pás que estavam colocadas no interior do misturador. A Figura 34 corresponde ao momento da substituição das pás.

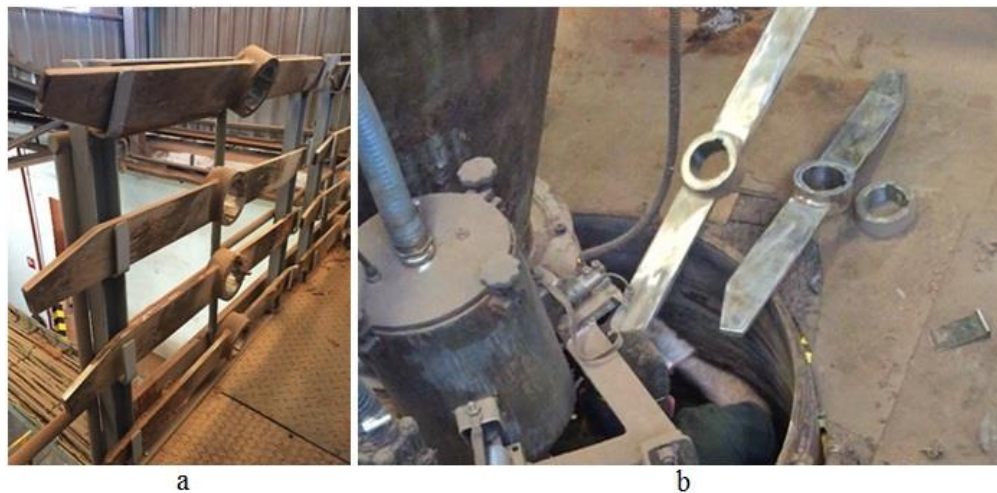


Figura 34 - a) Conjunto de pás suplentes b) Substituição de pás

Para realizar a limpeza das pás, que passaria a ser uma tarefa externa, adquiriu-se um equipamento pneumático que permitia a adaptação de um raspador. Quando a limpeza das quatro pás do misturador era efetuada com um raspador manual, um operador demorava, em média, dez minutos. Utilizando o equipamento pneumático, representado na Figura 35, este tempo era reduzido em 50% e o operador conseguia concluir a tarefa em, aproximadamente, cinco minutos.



Figura 35 - a) Limpeza manual de pás b) Equipamento pneumático

Os raspadores utilizados na limpeza das pás e das paredes do misturador, ao fim de algum tempo, perdiam a capacidade de corte. Por essa razão, existia a necessidade de afiar as ferramentas várias vezes durante a limpeza.

Concluiu-se que fazia sentido colocar um conjunto de raspadores, devidamente afiados, junto dos misturadores. Desta forma, os operadores tinham apenas de substituir a ferramenta que não cortava por uma que apresentasse as condições ideais. O afiamento passava a ser realizado com a linha de produção em funcionamento.

A Figura 36 representa o afiamento de um raspador durante a paragem de produção.



Figura 36 - Afiamento de um raspador

Como foi referido anteriormente, os restos de granulado, de pó e de cola removidos durante a limpeza eram enviados para o piso 0 da linha de produção, através da abertura do misturador. A limpeza do piso inferior da linha de produção poderia ser desnecessária se se conseguisse reter o material à saída do misturador.

Idealizou-se um objeto que permitia fazer essa retenção e procedeu-se à construção de um protótipo, tal como pode ser observado na Figura 37. Consistia num saco em plástico acoplado a um aro de borracha que se adaptava perfeitamente à saída do misturador.

Desta forma, no final da limpeza do interior do misturador os operadores varriam o material que caía no interior do protótipo. De seguida, tinham apenas de depositar o lixo num dos locais destinados ao efeito. O objeto final de retenção viria a materializar-se com uma geometria semelhante à do protótipo, acrescentando um aro metálico no interior do aro de borracha e substituindo o plástico por uma manga em tecido, de modo a conferir mais resistência ao objeto.



Figura 37 - Objeto de retenção

Através deste conjunto de ações, obtiveram-se os seguintes resultados:

- O conjunto de pás suplentes disponível permitiu que a tarefa de limpeza fosse efetuada enquanto a linha estava a produzir e que durante a paragem fosse apenas necessário realizar a substituição das mesmas;
- Os conjuntos de cinco raspadores colocados junto de cada misturador fizeram com que deixassem de ser necessárias as tarefas de afiamento durante a limpeza;
- O sistema de retenção fez com que a aspiração do piso inferior se tornasse uma tarefa desnecessária.

As alterações, juntamente com a definição de um standard de trabalho, permitiram reduzir o tempo de limpeza em 20 minutos. Tendo em conta que a aglomeradora de cilindros durante o tempo de produção faz, aproximadamente, um cilindro a cada nove minutos e que se realizam, em média, três mudanças de série deste tipo por semana, conclui-se que esta otimização do tempo de *setup* pode ter representado um aumento de mais de 340 cilindros na produção anual da Aglomeradora AG/CI. A Figura 38 compara a situação inicial com o cenário que foi obtido depois de implementadas as referidas ações de melhoria.



Figura 38 - Resultados do novo standard de limpeza

5.2 Paragens para refeição

Através da análise dos registos de produção, foi possível perceber que as paragens para refeição representavam perdas de produtividade significativas. Nos 250 dias analisados, foram perdidas mais de 156 horas devido a este motivo.

Na Aglomeradora AG/CI, os dois operadores faziam as paragens para refeição de forma alternada. Desta forma, durante esse período, a produção não parava. No entanto, a aglomeração de cilindros com granulado proveniente de *big bags*, impossibilitava o funcionamento da linha com apenas um trabalhador. Neste cenário, como existia a necessidade de fazer a reposição de matéria prima de forma muito frequente, era inevitável que fosse colocada uma pessoa a fazer essa reposição e outra no controlo da linha de produção.

Para contrariar estas paragens, e tendo em conta que a aglomeradora de cilindros representava o gargalo na unidade industrial, sugeriu-se que, nesses momentos, se recorresse a um operador de outro centro de trabalho para fazer a reposição dos *big bags*. A sugestão foi bem recebida pelo diretor e supervisores da área.

De forma a seleccionar o centro de trabalho do qual seria deslocado o operador, foi necessário analisar as folgas dos vários equipamentos da unidade industrial, presentes na Tabela 4.

Tabela 4 - Carga dos equipamentos da unidade industrial em 2018

Semana	CNM - Rolos				
	Rolos CC	VSM	MR 500	Mini Rolos	Shetter
22	112%	95%	82%	109%	7%
23	111%	71%	102%	112%	80%
24	109%	86%	90%	117%	71%
25	114%	111%	131%	108%	61%
26	92%	69%	114%	139%	59%
27	61%	33%	28%	133%	9%

Achou-se que seria ideal deslocar um dos operadores que estavam normalmente alocados à Shetter, uma vez que este equipamento apresentava uma folga significativa. Contudo, a seleção do operador, assim como a verificação da necessidade, ficou ao encargo da supervisão. Ou seja, o supervisor era responsável por verificar se, na hora destinada à refeição, iria ocorrer produção com granulado proveniente de *big bag*, assim como escolher o equipamento do qual seria deslocado um operador.

Considerando que esta ação eliminava por completo as paragens para refeição, estima-se que representaria um ganho de, em média, 37 minutos de produção diária. Além disso, visto que existiam poucos colaboradores com competência técnica para trabalhar na aglomeradora de cilindros, podia ser vista como uma forma de iniciar a formação dos mesmos.

5.3 Implementação de um plano de manutenção autónoma

Na Amorim Cork Composites, durante o período de realização da dissertação em ambiente empresarial, decorreu um projeto TPM, que contou com a parceria uma equipa de consultores do Kaizen Institute, cujo objetivo era implementar uma rotina de Manutenção Autónoma na

linha Aglomeradora AG/CI. Esta ação resultaria na redução do número de avarias na linha de produção, assim como na diminuição do tempo de reparação das mesmas.

Seguiu-se a metodologia tradicional de implementação do conceito. O primeiro passo foi realizar uma limpeza básica à linha de produção. Com as infraestruturas e com os equipamentos sujos, não era possível identificar as fontes de contaminação e, consequentemente, não era possível corrigi-las.

Na Figure 39 é possível observar alguns exemplos do nível de sujidade que existia na linha aglomeradora de cilindros.



Figure 39 - Exemplos de sujidade na linha de produção

Depois da primeira limpeza, rapidamente se percebeu a origem da sujidade. Existia uma fuga constante de pó e granulado de cortiça na parte superior da balança e também na ligação entre a balança e o misturador, tal como representado na Figura 40.



Figura 40 - Locais de fuga de granulado e pó de cortiça

Fizeram-se adaptações aos equipamentos de forma a impedir que o material escapasse do circuito normal de produção. Na parte superior da balança eliminou-se a fuga de material através da colocação de uma manga de tecido com uma cinta de aperto. No entanto, quando se fechava completamente o circuito, havia uma modificação no fluxo de ar que provocava um aumento no período de transporte de granulado e, consequentemente, diminuía o índice de performance da linha de produção. Por essa razão, acrescentou-se uma tampa com um filtro incorporado que, além de impedir que o pó e o granulado saíssem da balança, permitia que a circulação de ar acontecesse apropriadamente. Na ligação entre a balança e o misturador, foi colocado um funil metálico que, em conjunto com uma manga em tecido, impedia a saída de pó e granulado.

Depois de eliminar as fugas, as fontes de sujidade e de contaminação foi necessário identificar os equipamentos ou elementos do centro de trabalho onde seria possível que os operadores realizassem verificações, limpezas ou lubrificações de uma forma autónoma. Em conjunto com uma equipa de manutenção especializada na linha aglomeradora de cilindros, identificaram-se esses equipamentos e desenvolveram-se standards e OPL's (One Point Lesson) para cada uma das tarefas. Também se analisou o histórico de avarias para que fossem identificados os equipamentos mais críticos do centro de trabalho.

De seguida, criou-se um plano de manutenção autónoma. Neste documento, estavam presentes todas as tarefas que os operadores deviam realizar, assim como a periodicidade das mesmas. O plano de manutenção autónoma relativo à Aglomeradora AG/CI encontra-se nos Anexos D, E e F.

Os locais onde se realizavam os vários tipos de manutenção foram identificados com etiquetas, como se pode observar na Figura 41. Existia um símbolo que permitia saber se a tarefa a realizar era uma verificação, uma limpeza ou uma lubrificação e, através de um código de cores, era possível saber a regularidade com que essa mesma tarefa deveria ser realizada.



Figura 41 - Exemplos de etiquetas de manutenção autónoma

Com este projeto notou-se que o ambiente da linha de produção se tornou mais limpo e agradável. Contudo, os efeitos mais significativos da implementação da manutenção autónoma não costumam surgir de imediato. É expectável que o número de avarias diminua gradualmente, tendo em conta que será dada maior atenção à manutenção dos equipamentos, nomeadamente pelos operadores. Além disso, o facto de passar algumas tarefas que eram da responsabilidade das equipas de manutenção para os operadores, faz com que haja mais disponibilidade, nos técnicos de manutenção, para planear manutenções preventivas e para educar e formar as partes envolvidas. Esta disponibilidade resulta, normalmente, num decréscimo ainda mais acentuado do número de avarias.

Ainda durante o projeto de implementação de manutenção autónoma na linha de produção, no momento da análise do histórico de avarias, constatou-se que existiam inúmeros equipamentos que não tinham um código atribuído no software que dava apoio às equipas de manutenção. Quando esses equipamentos avariavam, os operadores efetuavam um pedido de intervenção da manutenção e atribuíam o código de equipamento PRE038, que era o código relativo à prensa da linha aglomeradora de cilindros. A forma descuidada de efetuar os pedidos de intervenção da manutenção resultava em dados de má qualidade que conduziam a informação pobre relacionada com a quantidade e tipo de avarias por equipamento.

De modo a contrariar este cenário, foi efetuado um levantamento de todos os equipamentos da linha de produção que não possuíam um código atribuído. De seguida, seguindo as normas que existiam na empresa, foram criados 107 códigos. Um para cada equipamento não identificado.

Esta iniciativa possibilitou que todas as avarias que aconteciam na linha de produção pudessem ser atribuídas aos equipamentos onde, efetivamente, ocorreram. Desta forma, daí em diante, os dados recolhidos para realizar uma análise resultariam em informação de boa qualidade e fariam com que os esforços das partes envolvidas caminhassem no sentido apropriado.

A Figura 42 mostra o piso 3 da linha de produção antes e depois do projeto TPM.



Figura 42 - Piso superior da aglomeradora de cilindros antes e depois do projeto TPM

5.4 Organização do centro de trabalho

No decorrer do projeto de dissertação em ambiente empresarial, percebeu-se que no centro de trabalho existia um ambiente confuso, em que estavam presentes inúmeros objetos inúteis na produção de cilindros. Era também um local sujo e desconfortável para os operadores.

Na Figura 43 estão representados dois exemplos da desorganização que existia no centro de trabalho.



Figura 43 - Estado inicial dos armários da linha de produção

Com o objetivo de tornar a linha aglomeradora de cilindros num espaço mais organizado e limpo, também para apoiar o projeto TPM, realizou-se uma campanha 5S, com especial foco no piso inferior.

Em primeiro lugar, os operadores foram sensibilizados para que compreendessem a importância da campanha. Existiu uma breve formação, na qual foi possível identificar e explicar em que consistia cada uma das fases relativas à metodologia 5S, assim como as melhorias associadas.

De seguida, iniciou-se a triagem dos produtos, ferramentas e outros objetos que existiam no referido espaço. Com a colaboração dos operadores, selecionou-se tudo aquilo que era considerado necessário na linha de produção. O restante, foi colocado numa palete que permaneceu no centro de trabalho durante duas semanas. O objetivo era que, durante esse período, os operadores validassem a lista inicial de objetos necessários. Foi afixada uma folha onde era possível registar a eventual utilização de um objeto que estava arrumado na palete, ou seja, marcado como desnecessário. Para finalizar esta fase, atualizou-se a lista de objetos necessários, tendo em conta os registos efetuados pelos operadores nessa mesma folha. As duas imagens presentes na Figura 44 são relativas à fase de triagem.



Figura 44 - Fase de triagem

De seguida, após terminada a fase de triagem, iniciou-se a arrumação do espaço. Relativamente aos objetos, tiveram-se em consideração os pesos, dimensões, quantidades necessárias, frequências de utilização e questões relacionadas com a segurança.

Já na fase de limpeza, uma vez que os armários que existiam no centro de trabalho não apresentavam as melhores condições nem eram os mais adequados a um ambiente limpo e organizado, optou-se por efetuar uma remodelação e comprar mobiliário novo, com geometrias diferentes, como pode ser observado através da Figura 46 e da Figura 46.



Figura 45 - Piso inferior antes e depois da aplicação da metodologia 5S



Figura 46 - Piso inferior antes e depois da aplicação da metodologia 5S

Durante a primeira fase, percebeu-se também que os operadores armazenavam alguns objetos pessoais na linha de produção. Usavam, como justificação, o facto dos seus cacifos estarem longe do local de trabalho. Verificou-se que a justificação era válida e optou-se por comprar um conjunto de cacifos dedicados exclusivamente ao operadores da Aglomeradora AG/CI. Estes cacifos, ilustrados na Figura 47, foram colocados junto do centro de trabalho e permitiram excluir por completo os objetos pessoais dos armários da linha de produção.



Figura 47 - a) Cacifos b) Identificação dos objetos

Na quarta fase campanha, relativa à normalização, identificaram-se todos os equipamentos, peças e materiais, assim como locais de arrumação dos mesmos. Dimensionaram-se os stocks de consumíveis e foram revistas as normas de segurança referentes ao centro de trabalho.

Para finalizar, foi estabelecido o standard de uma auditoria à área que validaria os resultados da implementação da metodologia 5S. Ficou estabelecido que a inspeção seria realizada todas as semanas pelo supervisor e, no caso dos resultados serem superiores a 90%, a periodicidade aumentaria gradualmente. No Anexo G, encontra-se a folha alusiva a essa mesma auditoria.

Esta ação permitiu libertar espaço que estava ocupado com objetos desnecessários na linha de produção, reduzir o tempo de inatividade dos operadores, aumentar os níveis de segurança e elevar o comprometimento dos trabalhadores.

5.5 Reposição por kanban

Durante a campanha 5S, constatou-se que a reposição de todos os produtos consumíveis era efetuada de uma forma arcaica e pouco eficiente. Dependia da sensibilidade e iniciativa de cada operador. Na linha de produção eram utilizados, por exemplo, rolos de fita cola, lixas, copos de lubrificação automática ou recargas de tinta para o rolos de marcação dos cilindros, que, quando acabavam (ou estavam perto de acabar), eram pedidos ao supervisor da área.

Para que a reposição das matérias subsidiárias fosse realizada de uma forma mais simples e eficaz, optou-se por implementar o sistema de reposição por *kanban*. Desenharam-se cartões onde está presente a designação do artigo, o código, o ponto de encomenda e a quantidade de reposição. Instalou-se um quadro magnético onde, quando se atingia o ponto de encomenda, os operadores colocavam esses mesmos cartões, ou *kanbans*. A partir daí, era da responsabilidade do supervisor, que passava pelo local todos os dias, fazer o levantamento dos *kanbans*, encomendar e repor os referidos produtos.

O sistema de reposição está representado esquematicamente na Figura 48.

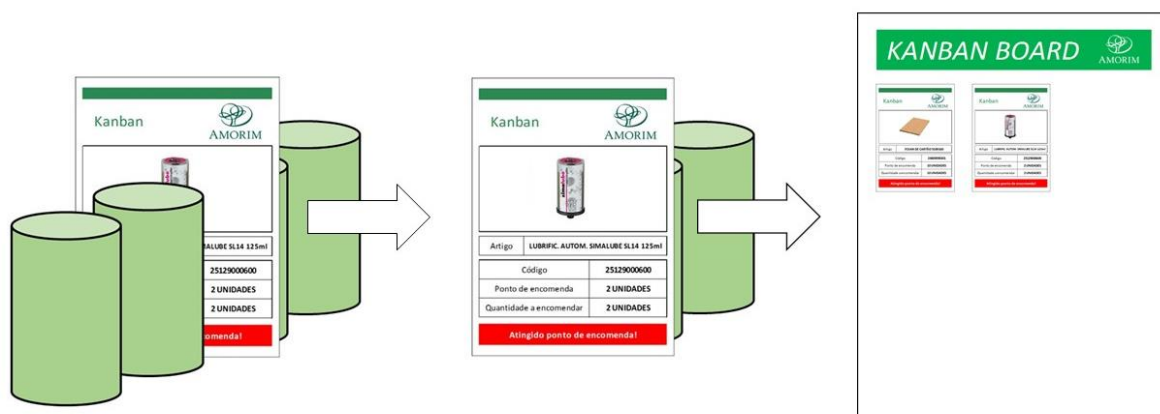


Figura 48 - Sistema de reposição

Muitas vezes, os operadores efetuavam deslocamentos desnecessários quando procuravam os supervisores para realizar os pedidos dos materiais consumíveis. Através do novo sistema de reposição, foi possível reduzir esse tipo de desperdício. Além disso, o stock mínimo dos produtos tornou-se garantido, deixando de depender da sensibilidade de cada trabalhador.

5.6 Ajuda visual

Como foi referido durante a descrição do processo produtivo, a colocação dos quatro pregos que fixavam a tampa no interior do molde era da responsabilidade dos operadores. Os pregos eram inseridos no final da última prensagem, na qual a cabeça da prensa tem a tampa acoplada, tal como representado na Figura 49.

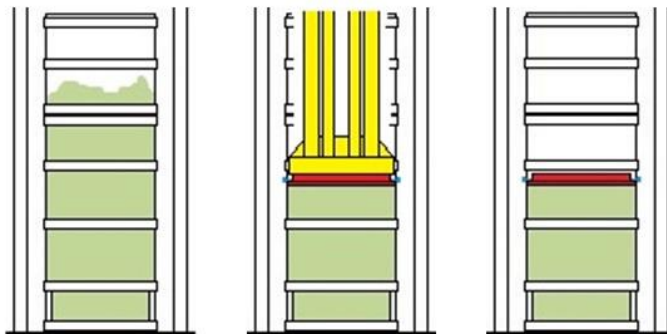


Figura 49 - Representação da última prensagem de um cilindro

Cada molde possuía vários conjuntos de furos e cada um dos conjuntos correspondia a uma altura diferente de cilindro. Em baixo, a Figura 50, ilustra a forma como se realizava a tarefa.

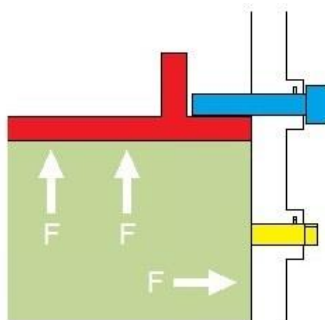


Figura 50 - Representação da fixação da tampa num molde

O granulado que foi prensado, tendia a voltar à posição inicial exercendo forças significativas na face inferior da tampa que fecha o molde, assim como na parte interior da parede do mesmo. Os quatro pregos estavam dimensionados para que, em conjunto, resistissem a essas forças.

O operador inseria os pregos manualmente e devia ter previamente verificado que todos os outros furos se encontram tapados, por tampas adequadas ao efeito (preenchidas a amarelo no esquema da Figura 50), para que não houvesse fuga de granulado pelos orifícios.

As fugas de granulado durante a prensagem eram a causa do aparecimento do defeito do tipo Fofa/Chocho. Em 2017, este tipo de defeito foi o motivo de rejeição de cerca 179 m³ de produto. Na Figura 51 é possível observar o aspeto real deste tipo de defeito.

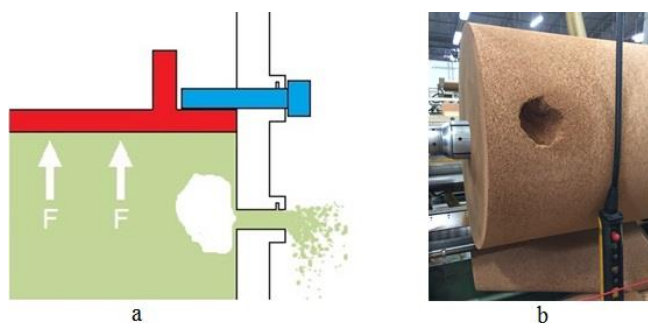


Figura 51 - a) Representação de fuga de granulado b) Fofa/Chocho

Durante o período de caracterização do processo, no qual existiu uma presença assídua na linha de produção e onde se observou detalhadamente a forma como se realizava cada tarefa, percebeu-se que os operadores verificavam a colocação das tampas que fecham os furos através de uma inspeção visual. Visto que os moldes de 54" têm 24 furos (seis alturas de cilindro a multiplicar por quatro pregos) e que os operadores realizam outras tarefas durante a prensagem, nem sempre era fácil detetar a falta, ou colocação deficiente, de uma das tampas. Além disso, tanto os pregos como as tampas, eram da mesma cor do molde, o que dificultava ainda mais a verificação. Por essa razão, considerou-se que seria benéfico pintar as referidas tampas e a área envolvente do furo com cores que permitissem realçar a presença, má colocação ou falta das mesmas. A Figura 52 é relativa a momentos anteriores e posteriores a essa pintura.



Figura 52 - Tampas antes e depois da ação de melhoria

As operações de pintura foram levadas a cabo pelos próprios operadores da linha, que reconheceram a utilidade e os benefícios da ação. Para os auxiliar, desenhou-se um molde, em AutoCAD, que posteriormente foi materializado em cortiça aglomerada, recorrendo à máquina CNC disponível na empresa. O desenho e a fotografia de um dos exemplares estão presentes na Figura 53.



Figura 53 - Molde em cortiça

Considerando os dados dos meses de abril e maio de 2017 e comparando com os meses homólogos de 2018, verificou-se que a quantidade de produto rejeitado devido a este defeito foi reduzida em 50%, passando de 44 para 22m³. No entanto, apesar dos dados serem promissores, achou-se que um período de dois meses não é suficientemente longo para confirmar, de uma forma efetiva, as melhorias provocadas pela ação.

A Figura 54 é representativa de um dos momentos de pintura.



Figura 54 - Pintura realizada pelos operadores

6 Conclusões e trabalhos futuros

6.1 Conclusões

Este projeto de dissertação em ambiente empresarial foi bastante exigente no que diz respeito à implementação de ações de melhoria. Decorreu numa empresa onde a maior parte dos operadores são experientes e estão há muito tempo ligados à organização. Por esse motivo, existia uma grande resistência à mudança.

O projeto permitiu perceber a importância do envolvimento das pessoas na implementação de ações de melhoria. A sensibilização dos operadores é muito importante e a envolvimento da gestão de topo é fundamental.

Foi possível realizar algumas melhorias e os resultados associados foram os seguintes:

- O novo standard de trabalho relativo à mudança de série mais crítica da linha de produção permitiu reduzir o tempo desse *setup* de 85 para 65 minutos, o que corresponde a um potencial aumento de produção anual de cerca de 340 cilindros de cortiça aglomerada;
- A sugestão de uma rotação entre os operadores da aglomeradora de cilindros com operadores de outros centros de trabalho, durante o horário de refeição, permitiu um ganho de, aproximadamente, 37 minutos de produção diária (correspondente a mais de 1400 cilindros por ano);
- O projeto TPM resultou num ambiente mais limpo, confortável e propício à identificação de anomalias no processo. Prevê-se que, no futuro, provoque uma diminuição do número de avarias;
- A campanha 5S também permitiu tornar a linha de produção num espaço mais organizado. Esta organização potenciou a diminuição de vários tipos de desperdício, nomeadamente deslocamentos desnecessários e sobredimensionamento de consumíveis;
- A ajuda visual reduziu o número de defeitos do tipo Fofó/Chocho.

6.2 Trabalhos futuros

6.2.1 Registos de produção

Na Aglomeradora AG/CI todos os registos de produção, assim como dos tempos improdutivos eram registados manualmente, em papel. Da mesma forma, eram efetuados o controlo dos tempos de estufa, o registo de limpeza dos moldes, o registo do consumo de produtos químicos e o controlo de pesagem de água. Nos Anexos H, I, J e L, estão presentes alguns exemplos de folhas de registo.

Esse sistema fazia com que fossem armazenados elevados volumes de papel que ocupavam espaço e eram difíceis de transformar em informação.

Com o objetivo de tornar a obtenção e tratamento de dados num processo mais prático, que originaria informação de melhor qualidade, decidiu criar-se um conjunto de formulários, em VBA (Visual Basic), que, através do seu preenchimento, permitiam registar o controlo dos tempos de estufa de cada um dos cilindros. O desenvolvimento deste sistema serviria também de piloto. No caso de os resultados obtidos serem positivos, criar-se-iam novos formulários para facilitar todos os outros registos relativos ao centro de trabalho. No Anexo M, apresentam-se dois destes formulários.

A ideia era que no momento em que se inserisse um molde numa das estufas, se preenchesse o formulário “Entrada de Moldes”, que possibilitava o registo da data e hora, número do molde, estufa utilizada, misturador utilizado, referência do produto, dimensão do cilindro e nome do operador responsável. Apenas o número do molde e a referência do produto seriam introduzidos manualmente. A data e hora da ação seriam registadas de forma automática. A estufa, dimensão do cilindro e misturador utilizado, selecionados através de um botão de opção. O nome do operador, selecionado com o auxílio de uma caixa de combinação.

Quando se extraía um molde de uma das estufas, seria somente necessário inserir o número do molde e o nome do operador. O registo da data e da hora também era feito automaticamente.

Os dados seriam gravados numa folha de cálculo Excel. Na Figura 55, é possível perceber a forma como estariam organizados.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Nº Molde	Estufa	Referência de produto	Dimensão	Misturador	Data de Entrada	Hora de Entrada	Operador	Data de Saída	Hora de Saída	Operador	Tempo de Cozedura
2	10	Estufa 1	8244	54	Misturador A	5/23/2018	2:34:15 PM	Joaquim	5/23/2018	2:36:05 PM	José	0:01:50
3	63	Estufa 2	8244	54	Misturador A	5/23/2018	2:34:38 PM	José	5/23/2018	2:36:12 PM	Bruno	0:01:34
4	22	Estufa 1	8259	M	Misturador B	5/23/2018	2:35:06 PM	Bruno	5/23/2018	2:36:17 PM	Joaquim	0:01:11
5	59	Estufa 2	8259	54	Misturador A	5/23/2018	2:35:30 PM	Joaquim	5/23/2018	2:36:22 PM	José	0:00:52
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

Figura 55 - Registos numa base de dados informática

Com os dados organizados e armazenados em suporte informático, a análise dos registos ficaria extremamente facilitada. Além disso, o volume de papel que estava guardado junto do centro de trabalho seria eliminado, libertando espaço e tornando a área mais organizada.

Na Figura 56 podem observar-se os registos efetuados em papel.



Figura 56 - Registos em papel

No entanto, não foi possível instalar o Microsoft Office no computador que existia na linha Aglomeradora AG/CI. Considerou-se que a instalação de novos programas poderia condicionar o funcionamento do software de controlo da linha de produção.

Sugeriu-se que fosse colocado outro computador na área, que seria utilizado, unicamente, para realizar todos os registos necessários. No entanto, dada a duração do projeto de dissertação em ambiente empresarial, não foi possível implementar o novo sistema de registos.

6.2.2 Aplicação informática

No decorrer do projeto, durante a criação de standards de trabalho e rotinas de manutenção autónoma, percebeu-se que os operadores têm uma grande resistência à mudança. Esta resistência tende a aumentar com a idade dos mesmos e sempre que a mudança exige a realização de tarefas adicionais.

Quando se define um novo standard de trabalho, por exemplo, é inevitável que surjam documentos, em papel, que permitem aos operadores saber a ordem das tarefas a realizar. Complementarmente podem surgir também *checklists* que permitem confirmar se uma dada tarefa foi, ou não, efetuada.

A utilidade do preenchimento destes documentos nem sempre é entendida por parte dos operadores. Por este motivo, é comum que as *checklists*, ou documentos de controlo, deixem de ser utilizados pouco tempo depois da sua implementação.

Não é novidade que, na era digital, as pessoas procuram processos simples e intuitivos. Por essa razão o desenvolvimento de um sistema informático que reunisse os standards de trabalho com a rotinas de manutenção autónoma, permitisse o preenchimento de *checklists* e a consulta de OPL's, representaria uma mais valia. Seria aplicável não só na aglomeradora de cilindros, como em todas as linhas de produção da empresa.

Através de um dispositivo móvel, que poderia ir desde um smartphone até a um PDA industrial, o operador poderia ser notificado em relação à necessidade de realizar uma manutenção autónoma, num determinado dia. No caso de não ter formação para realizar uma dada tarefa, seria possível consultar um standard relativo à mesma.

Exemplos de dispositivos que poderiam ser utilizados podem ser observados na Figura 57.



Figura 57 - Dispositivos móveis

A imaginação seria o limite para adicionar novas funções à aplicação e ao dispositivo. Os procedimentos tornar-se-iam mais intuitivos e o nível de colaboração dos operadores aumentaria. Seria a fusão de duas áreas que em muito têm contribuídos para o aumento de produtividade das empresas, a melhoria contínua e a tecnologia.

Na Figura 58 pode observar-se aquele que podia ser o aspeto da aplicação.

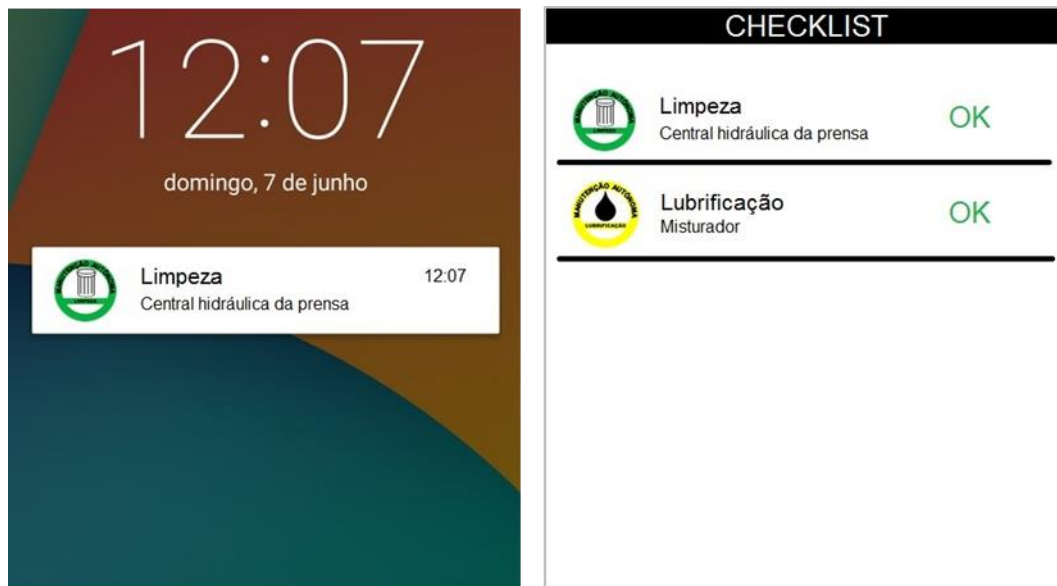


Figura 58 - Sugestão de layout na aplicação informática

Referências

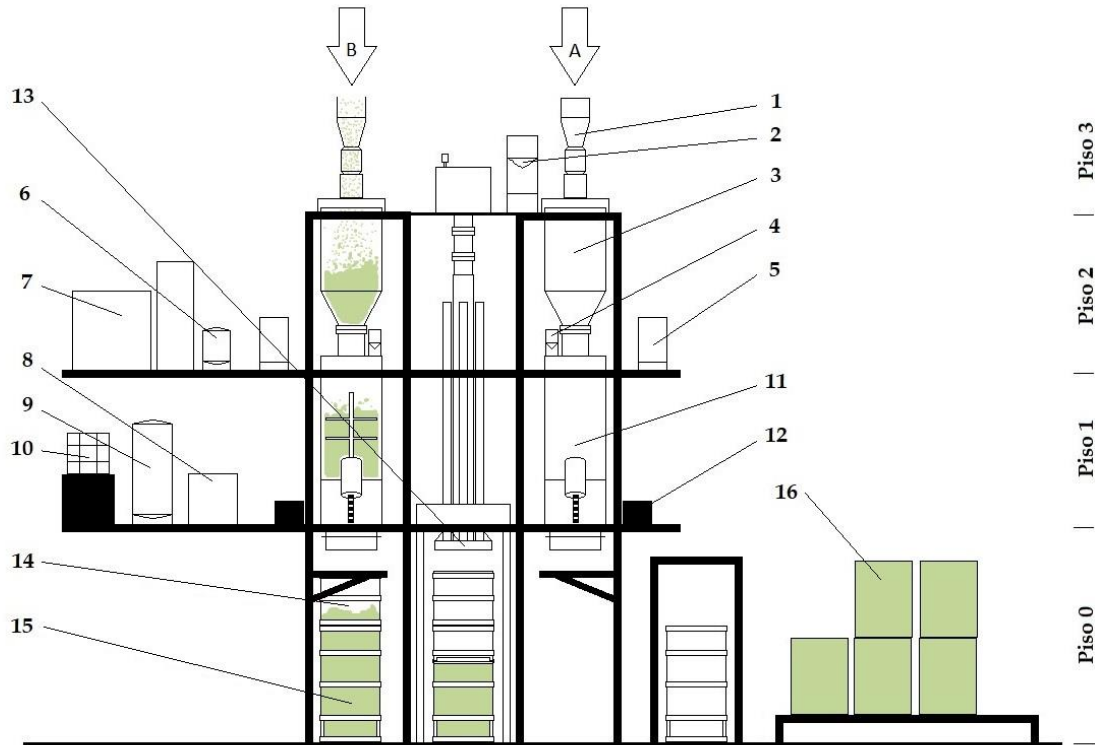
- Ablanedo-Rosas, José H., Bahram Alidaee, Juan Carlos Moreno, e Javier Urbina. "Quality improvement supported by the 5S, an empirical case study of Mexican organisations." *International Journal of Production Research*, 2010: 48:23, 7063-7087.
- Benjamin, Samuel Jebaraj, Uthiyakumar Murugaiah, e M. Srikamaladevi Marathamuthu. "The use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm." *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2013: Vol.24 Issue:5, pp.792-807.
- Black, JT. "Design rules for implementing the Toyota Production System." *International Journal of Production Research*, 2007: 45:16, 3639-3664.
- Coimbra, Euclides A. *Kaizen in Logistics and Supply Chains*. MCGRAW-HILL EDUCATION - EUROPE, 2013.
- Gupta, Pardeep, e Sachit Vardhan. "Optimizing OEE, productivity and production cost for improving sales volume in an automobile industry through TPM: a case study." *International Journal of Production Research*, 2016: 54:10, 2976-2988.
- Hirano, Hiroyuki. *5S for Operators: 5 Pillars of the Visual Workplace*. Productivity Press , 1996.
- Ho, Samuel K. M. "5-S practice: The first step towards total quality management." *Total Quality Management*, 1999: 10:3, 345-356.
- Jaca, Carmen, Elisabeth Viles, Luis Paipa-Galeno, Javier Santos, e Ricardo Mateo. "Learning 5S principles from Japanese best practitioners: case studies of five manufacturing companies." *International Journal of Production Research*, 2014: 52:15, 4574-4586.
- Kalbande, Mr. D. R., e Dr. G. T. Thampi. "Total Productive Maintenance - Accelerating OEE in a Manufacturing Industry leveraging pervasive technologies." *Advanced Materials Research*, 2012: Vols 383-390 (2012) pp 4568-4575.
- Kasim, Nazrul Idzman, Mohd Azam Musa, Akhtar Razul Razali, Noraishah Mohamad Noor, e Wan Ahmad Najmuddin Wan Saidin. "Improvement of Overall Equipment Effectiveness (OEE) Through Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in Manufacturing Industries." *Applied Mechanics and Materials*, 2015: Vol. 761 (2015) pp 180-185.
- Lander, E., e J. K. Liker. "The Toyota Production System and art: making highly customized and creative products the Toyota way." *International Journal of Production Research*, 2007: 45:16, 3681-3698.
- Modgil, Sachin, e Sanjay Sharma. "Total productive maintenance, total quality management and operational performance: An empirical study of Indian pharmaceutical industry." *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2016: Vol. 22 Issue: 4, pp.353-357.

- Muchiri, P., e L. Pintelon. "Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion." *International Journal of Production Research*, 2008: 46:13, 3517-3535.
- Mukhopadhyay, S. K., e S. Shanker. "Kanban implementation at a tyre manufacturing plant: a case study." *Production Planning & Control*, 2005: 16:5, 488-499.
- Nakajima, Seiichi. *Introduction to TPM: total productive maintenance*. Productivity Press Cambridge, MA, 1988.
- Osada, Takashi. *The 5Ss: Five Keys to a Total Quality Environment*. Asian Productivity Organization, 1991.
- Zammori, Francesco, Marcello Braglia, e Marco Frosolini. "Stochastic overall equipment effectiveness." *International Journal of Production Research*, 2011: 49:21, 6469-6490.

ANEXO A: Análise ABC da produção na linha AG/CI em 2017

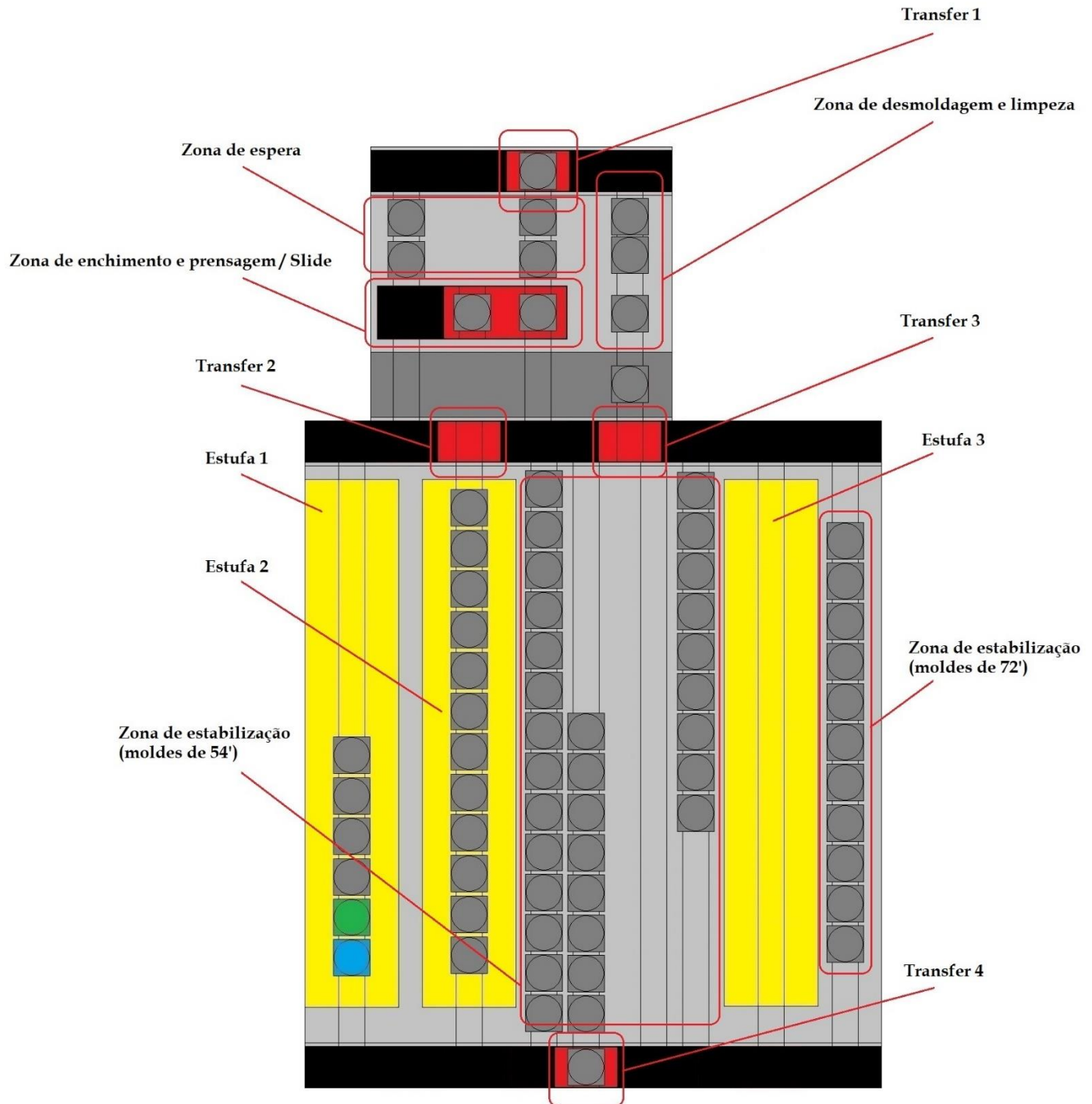
Referência	Quantidade	% Relativa	% Acumulada	Nível do produto	% de Referências
8210 01m	7981	23.4%	23.4%	A	9%
8244 48"	5952	17.4%	40.8%		
8244 01m	3719	10.9%	51.7%		
8293 38"	2304	6.7%	58.5%		
8239 38"	2004	5.9%	64.3%		
8245 01m	2000	5.9%	70.2%		
8245 48"	1626	4.8%	74.9%		
8245 50"	1130	3.3%	78.2%		
8259 54"	829	2.4%	80.7%		
8210 48"	682	2.0%	82.7%	B	18%
8248 48"	586	1.7%	84.4%		
8249 38"	582	1.7%	86.1%		
8248 36"	506	1.5%	87.6%		
8245 36"	370	1.1%	88.7%		
P245 50"	340	1.0%	89.7%		
F231 01m	324	0.9%	90.6%		
8232 50"	231	0.7%	91.3%		
F244 01m	230	0.7%	92.0%		
F231 43"	175	0.5%	92.5%		
8244 36"	156	0.5%	92.9%		
8244 50"	151	0.4%	93.4%		
8244 54"	144	0.4%	93.8%		
8245 60"	126	0.4%	94.2%		
F245 50"	121	0.4%	94.5%		
8249 50"	95	0.3%	94.8%		
8251 01m	84	0.2%	95.0%		
8240 36"	81	0.2%	95.3%		
F248 01m	76	0.2%	95.5%		
8230 01m	74	0.2%	95.7%		
8235 01m	70	0.2%	95.9%	C	73%
8232 48"	67	0.2%	96.1%		
8240 54"	66	0.2%	96.3%		
F245 01m	66	0.2%	96.5%		
P292 50"	66	0.2%	96.7%		
8245 54"	62	0.2%	96.9%		
8235 48"	59	0.2%	97.1%		
Outras referências	1007	2.9%	100.0%		

ANEXO B: Vista frontal da linha AG/CI



Número	Equipamento
1	Ciclone
2	Depósito de água
3	Balança
4	Depósito de cola
5	Depósito de cola
6	Depósito de ar comprimido
7	Chiller
8	Depósito de água
9	Depósito de ar comprimido
10	Depósito de cola
11	Misturador
12	Grupo hidráulico
13	Prensa
14	Caixa
15	Molde
16	Cilindro acabado

ANEXO C: Vista de cima do circuito de movimentação dos moldes

















ANEXO D: Plano de manutenção autónoma - Rota 1

Linha : Aglomeração Cilindros		PLANO DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA - ROTA 1						
<div>Legenda dos Símbolos:</div> <div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>				<div>Legenda das cores (Frequência):</div> <div><div></div><div></div><div></div></div> <div><div>POR TURNO</div><div>SEMANAL</div><div>MENTAL</div></div>			Vital	
Nº	Componente	Tipo de intervenção	Piso	Ferramentas	Instrução	Frequência		
1	Misturador		1º andar	Bomba Gracer	Lubrificação (4 pontos de aplicação por Misturador)	1ª SEGUNDA-FEIRA DO MÊS	QUALQUER ALTURA	
2	Central Hidraulica da prensa		1º andar	-	Verificação do nível de óleo	POR TURNO	QUALQUER ALTURA	
3	Depósito de Cola		2º andar	-	Verificar temperatura da cola	POR TURNO	QUALQUER ALTURA	
4	Pistolas de Cola		2º andar	-	Verificar o correto funcionamento do equipamento (Substituir caracol caso necessário)	POR TURNO	QUALQUER ALTURA	
5	Bombas de Cola		2º andar	Chave 18/19; Chave Fendas Média; Raspador	Verificar, Limpar e lubrificar	POR TURNO	QUALQUER ALTURA	

ANEXO E: Plano de manutenção autónoma - Rota 2

Linha :		Aglomeración Cilindros		PLANO DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA - ROTA 2				
<div><div>Legenda dos Símbolos:</div><div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div>Legenda das cores (Frequência):</div><div><div></div><div></div><div></div></div></div>				Bruno				
Nº	Componente	Tipo de intervenção	Piso	Ferramentas	Instrução	Frequência	Quando fazer?	
1	Central Hidráulica da prensa		1º andar	-	Verificação do nível de óleo	POR TURNO	QUALQUER ALTURA	
2	Depósito de Cola		2º andar	-	Verificar temperatura da cola	POR TURNO	QUALQUER ALTURA	
3	Descansos das Pistolas de Cola		2º andar	Filme de Plástico	Substituir o Filme de Plástico	POR TURNO	QUALQUER ALTURA	
4	Bombas de Cola		2º andar	Chave 18/19; Chave Fendas Média; Raspador	Verificar, Limpar e lubrificar	POR TURNO	FIM DE TURNO	
5	Pistolas de Cola		2º andar	-	Verificar o correto funcionamento do equipamento (Substituir caracol caso necessário)	POR TURNO	QUALQUER ALTURA	
6	Ciclone		3º andar	Copos lubrificação automática	Verificar níveis de óleo dos copos de lubrificação automática e substituir caso necessário	QUARTA-FEIRA	QUALQUER ALTURA	
7	Piso		3º andar	Aspirador	Aspirar e limpar piso superior	QUARTA-FEIRA	QUALQUER ALTURA	

ANEXO F: Plano de manutenção autónoma - Rota 3

Linha :		Aglomeraco Cilindros		PLANO DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA - ROTA 3					
Legenda dos Símbolos:				Legenda das cores (Frequência):			Jorge		
<div><div>Inspecco</div><div>Lubrificação</div><div>Limpeza</div><div>Intervenção</div></div>				<div><div>POR TURNO</div><div>SEMANAL</div><div>MENSAL</div></div>					
N	Componente	Tipo de intervenção	Piso	Ferramentas	Instrução	Frequência	Quando fazer?		
1	Central Hidraulica da prensa		1 andar	-	Verificação do nível de leo	POR TURNO	QUALQUER ALTURA		
2	Deposito de Cola		1 andar	-	Verificar temperatura da cola	POR TURNO	QUALQUER ALTURA		
3	Pistolas de Cola		2 andar	-	Verificar o correto funcionamento do equipamento (Substituir caracol caso necessário)	POR TURNO	QUALQUER ALTURA		
4	Bombas de Cola	  	2 andar	Chave 18/19; Chave Fendas Média; Raspador	Verificar, Limpar e lubrificar	POR TURNO	FIM DE TURNO		
5	Manga de cola do Misturador		2 andar	-	Verificar estado da Manga de cola (Fazer pedido  Manutenção quando necessário trocar)	QUARTA-FEIRA	QUALQUER ALTURA		

ANEXO G: Auditoria 5S



AUDITORIA 5S

DATA: / /

S	Significado	Nº	TEMA	CRITÉRIO PARA APURAR AS NÃO CONFORMIDADES	AVALIAÇÃO				
					> 3 NC's graves ou > 4 NC's pouco graves	3 NC's graves ou 4 NC's pouco graves	2 NC's graves ou 3 NC's pouco graves	1 NC grave ou 2 NC's pouco graves	<= 1 NC pouco grave
					0	1	2	3	4
TRIAR	Eliminar excessos	1	Máquinas e Equipamentos	Devem usar-se com regularidade					
		2	Peças e Materiais	Não devem existir stocks de produtos desnecessários.					
		3	Controlo visual	Existe um controlo visual para itens desnecessários					
		4	Postos de Trabalho	Devem estar limpos e organizados sem materiais desnecessários					
		5	Eliminação de materiais	Existem locais adequados para a segregação de materiais					
ARRUMAR	Pôr em ordem	6	Layout	Deve estar bem definido e marcado					
		7	Materiais / Stocks	Devem ter um local bem definido e estar corretamente acondicionado.					
		8	Ferramentas / Equipamentos	Devem ter um local bem definido e estar corretamente acondicionado.					
		9	Ergonomia Postos Trabalho	Estão organizados e arrumados de forma a permitir uma correta ergonomia					
		10	Segurança	A arrumação existente não põe em risco a segurança dos trabalhadores ou das instalações					
LIMPAR	Limpo e em bom estado	11	Chão	Deve estar limpo e em bom estado de conservação.					
		12	Máquinas e equipamentos	Devem estar limpos e em bom estado de conservação.					
		13	Mobiliário	Deve estar limpo e em bom estado de conservação.					
		14	Iluminação e restante instalações elétricas	Existe uma correta iluminação da área e instalações em bom estado de conservação e acondicionamento					
		15	Materiais e stock	Devem estar livres de sujidade (pó, lixo, etc.) e em bom estado de conservação					
NORMALIZAR	Normas definidas	16	Chão, corredores, máquinas e equipamentos	Devem estar bem identificados					
		17	Normas de limpeza e/ou inspeção e/ou lubrificação	Existem normas e são conhecidas					
		18	Materiais e stock	Existem normas de arrumação e sistema de reposição bem definido					
		19	Normas de Segurança, EPIs / Vestuário de trabalho	Existem normas de segurança da Área. Devem usar-se os EPIs e o uniforme estabelecido para o trabalho / função. Este material deve estar em boas condições de uso					
		20	Gestão Visual / OPLs	Existem evidências claras de GV (símbolos, cores, fotos, normas visuais)					
DISCIPLINA	Cumprimento das normas	21	Conhecimento 5S	Os colaboradores sabem o que são os 5S					
		22	Conhecimento das standardizações existentes	Os colaboradores conhecem os standards ou sabem consultá-los quando necessário					
		23	Rotina de disciplina diária dos 3 primeiros S	Existe uma verificação diária por alguém da equipa para garantir que a triagem, arrumação e limpeza está assegurada a todo o tempo					
		24	Auditoria 5S	É efetuada a auditoria 5S com a periodicidade estabelecida e estão visíveis os resultados bem como a sua evolução					
		25	Melhoria Contínua	Existe evidência dum plano de ações atualizado e dinamizado. Existem fotos do Antes / Depois no painel 5s					

ANEXO H: Folha de registo - Tempos de produção

[illegible]

58

ANEXO L: Folha de registo - Limpeza



AMORIM

Amorim Cork Composites

REGISTO DE LIMPEZA DOS MOLDES

Sector: **CL**

Ano: _____

Mês: _____

Molde Nº	Data	Nº Operador	Molde Nº	Data	Nº Operador	Molde Nº	Data	Nº Operador	Molde Nº	Data	Nº Operador	Molde Nº	Data	Nº Operador	Molde Nº	Data	Nº Operador
1			46														
2			47														
3			48														
4			49														
5			50														
6			51														
7			52														
8			53														
9			54														
10			55														
11			56														
12			57														
13			58														
14			59														
15			60														
16			61														
17			62														
18			63														
19			64														
20			65														
21			66														
22			67														
23			68														
24			69														
25			70														
26																	
27																	
28																	
29																	
30																	
31																	
32																	
33																	
34																	
35																	
36																	
37																	
38																	
39																	
40																	
41																	
42																	
43																	
44																	
45																	

doc - ACC.334

ANEXO M: Formulários - Controle dos tempos de estufa

Entrada de Moldes

Entrada

Data

5/23/2018

Hora

2:41:16 PM

Nº Molde

Estufa 1

Estufa 2

Estufa 3

Produto

Referência

Dimensão

36"

38"

M

43"

48"

50"

54"

56"

60"

72"

Misturador A

Misturador B

Operador

Concluído

Saída de Moldes

Saída

Data

5/23/2018

Hora

2:46:09 PM

Nº Molde

1

Operador

Concluído

Cancelar